

Kritik der Erfahrung

Justus Gaule



(Handwritten)

QCN

Kritik
der
Erfahrung vom Leben

von

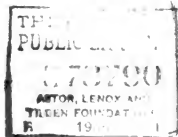
Justus Gaule

o. Prof. der Physiologie in Zürich.

Erster Band:

Analyse.

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1906.



Published May 3, 1906. Privilege of copyright in the United States reserved under the Act approved March 3, 1905, by S. Hirzel, Publisher and proprietor of this work, at Leipzig (Germany).

Vorwort.

Es ist das Resultat einer mehr als 25jährigen Arbeit, welches ich hiermit der Öffentlichkeit übergebe. 25 Jahre zählen nicht viel in der Entwicklung einer Erkenntnis, wohl aber zählen sie in dem Leben eines Menschen. Vielen meiner Fachgenossen wird das Buch auch eine Art Schlüssel in die Hand geben über den Zusammenhang in meiner experimentellen Arbeit. Beherrscht von einem Gedankengange wollte ich Punkte aufklären, die mir dunkel in unserer Vorstellung von der Wirklichkeit erschienen. Ich verweilte auch nicht bei einer Erkenntnis, selbst wo ich Widerspruch fand. Andere zu überzeugen, dazu glaubte ich keine Zeit zu haben, nur mir selbst wollte ich Aufklärung verschaffen. Nur so lange sollte aber dieses dauern, bis ich einen wirklichen Einblick in das Leben gewonnen hatte; jetzt wo dieses Ziel erreicht ist, fordere ich zur Prüfung auf und bin bereit, das was ich sage, zu verteidigen.

Ich habe meinen Stoff in zwei Teile geteilt, Analyse und Synthese. Dieser erste Band behandelt die Analyse, die Anschauungen über den Aufbau der lebenden Wesen, die man aus den seitherigen Untersuchungen ableiten kann. Die Synthese soll versuchen, die beobachteten Erscheinungen wieder aus den so ermittelten Einheiten zu rekonstruieren.

Viel habe ich gelernt, als ich diese Analyse niederschrieb. Wie ich fertig war, dachte ich, ich müßte neu beginnen, so

hatten sich meine Vorstellungen erweitert. Manche Kapitel habe ich in der Tat umgeschrieben; manche hinzugefügt. Sollte ich alle umschreiben, fragte ich mich oft. Ich fürchtete, dann nehme ich allzusehr den Charakter des allmählichen Eindringens in die Wirklichkeit von dem Buche. Was auf der einen Seite gewonnen wird, geht auf der andern verloren. Es ist eben die Darstellung eines Mannes, dem schon die Synthese vor Augen steht. Was in der Analyse fremdartig erscheint, empfängt sein Licht durch die Synthese.

Zürich, 26. Februar 1905.

Justus Gaule.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<u>Vorwort</u>	V
<u>Inhaltsverzeichnis</u>	VII

Allgemeine Analyse. Gründe, warum man eine Kritik der Erfahrung vom Leben schreibt.

I. Genetisches 1—32.

1. Naturphilosophie und Theorie	1
2. Darwinsche Theorie	3
3. Die Lehre von der Einheit des Lebensvorganges. Claude Bernards Theorie	5
4. Die Lehre von der Einheit der Zellenorganismen. Zellentheorie	8
5. Der Widerspruch zwischen Kapitel 3 und Kapitel 4. Morphologen und Mechaniker	11
6. Kräfte und Formen	13
7. Die Zellulärpathologie und die neuesten Fortschritte der Infektionslehre	18
8. Kriterien des Lebens	21
9. Neovitalismus	24
10. Der Typus des Lebens	28

II. Historisches 33—68.

1. Dem Andenken C. Ludwigs gewidmet	33
2. Pflüger, Virchow, Pasteur, Du Bois Reymond	38
3. Weitere Durchforschung der lebenden Wesen	42
4. Von der Ausdehnung unserer Kenntnisse über die in den lebenden Wesen wirksamen Kräfte	46
5. Fortschritte der Physiologie	50
6. Neue Pläne	53
7. Eigene Forschungen	57
8. Ergänzung der eigenen Forschungen durch Fremde	62
9. Schlußfolgerungen	65

Spezielle Analyse. Tatsachen, auf welchen die Kritik der Erfahrung vom Leben beruht.

I. Physikalisch-chemische Analyse 71—105.

1. Die Lösungen	71
2. Kolloid und Kristalloid	76
3. Anorganische und organische Kolloide	80
4. Suspension, Quellung, Koagulation und Fällung	82
5. Elektrische Erscheinungen	86
6. Stereochemie	89
7. Wechselströme	93
8. Fett	96
9. Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus	100
10. Wozu haben lebende Wesen einen Körper?	102

II. Physiologisch-chemische Analyse 106—144.

1. Der Stoffwechsel und seine Aufgaben	106
2. Merkmale	110
3. Intermediäre Stadien	116
4. Chemische Fingerzeige	121
5. Physiologische Hilfsmittel	126
6. Die Veränderlichkeit des Organismus	136
7. Trophische Störungen	137
8. Die beiden Wege	142

III. Histologische Analyse 145—179.

1. Das mikroskopische Bild	145
2. Änderungen des mikroskopischen Bildes	148
3. Gewebe	150
4. Zentralisation	154
5. Interzellulärsubstanz und Bahnen	158
6. Blut	161
7. Nerven und Muskeln	164
8. Moleküle, Granula, Zellen	168
9. Gesellschaften im Organismus	172
10. Die Verschiedenheit der Zellen	174
11. Der Gesamtorganismus	177

IV. Embryologische Analyse 180—209.

1. Spermatozoon und Ei	180
2. Befruchtung	184
3. Teilungen	189
4. Die Scheidewände	192
5. Das Morula-, Blastula- und Gastrulastadium	196
6. Die drei Keimblätter	199
7. Die Primitivrinne	201
8. Segmentation	204
9. Ernährung des Embryo	206

V. Physiologische Analyse 210—251.

1. Die Aufnahme in den Organismus	210
2. Nerven und Fermente	213
3. Die Leber	217
4. Blutgefäße	221
5. Blutbildung	225
6. Herz und Blutbewegung	229
7. Bewegung	234
8. Atmung	239
9. Innere Sekretion	244
10. Reizbarkeit und Nervenleitung	247

VI. Biologische Analyse 252—282.

1. Einpassung in die Welt	252
2. Schlafen und Wachen, Fressen und Fasten	256
3. Das Knochengerüst	259
4. Das Verhältnis der Darwin'schen Theorie zur Kritik der Erfahrung vom Leben	264
5. Die beiden Geschlechter	268
6. Jugend, Geschlechtsreife, Alter	272
7. Leben und Tod	276
8. Individualität	279

Namenregister

Sachregister

. 283

. 285

I.

Allgemeine Analyse.

Gründe, warum man eine Kritik der Erfahrung vom
Leben schreibt.

I. Abschnitt.

Genetisches.

I. Naturphilosophie und Theorie.

Kritik der Erfahrung vom Leben, klingt das nicht ganz philosophisch? Und ist die Naturphilosophie nicht mit Recht ganz in Mißkredit gekommen? Was hat ein Naturforscher überhaupt damit zu tun? Als ob seine Aufgabe nicht wäre, die unbekannteten Tatsachen in der Natur zu untersuchen und womöglich zu erklären. Solcher unbekannteten Tatsachen aber gibt es doch noch genug, ja, nur zu viel, weshalb sollte er sich hinsetzen und philosophieren. Das kann er nur tun, wenn er nicht die richtige Fähigkeit hat, zu experimentieren. Verzeihung, es gibt gewiß noch unbekanntete Tatsachen genug und es lohnt der Mühe, sie zu erklären, aber es gibt auch zu viel bekannte Tatsachen.

Das kann es doch gar nicht geben. Doch für einen Intellekt, der sie nicht mehr umfassen kann, und der sie doch umfassen sollte, wenn er der Aufgabe, die sein Beruf, die Menschen zu heilen, die sein Leben, das Leben mit den Menschen und unter den Menschen an ihn stellt, genügen will. Und weiter, diese Tatsachen sind gar nicht so bekannt, wie sie scheinen. Es sind Phänomene, die sich verhalten wie Körper, bei denen wir Licht auf eine Seite geworfen haben, die wir glauben zu sehen und von denen eine andere Epoche uns neue ganz unbekanntete Seiten enthüllt. Wir machen dann eine

neue Vermutung über ihre Gestalt, die von der früheren weit abweicht, und vielleicht wird eine spätere Zeit unsere Vermutungen ebenso beiseite werfen, wie wir die früheren. Einerlei, damit eine spätere Zeit dies kann, muß sie auf dem fußen, was die früheren gelernt. Und damit sie darauf, auf unserem Wissen fußen kann, darf das nicht zerrinnen in tausende und abertausende kleine Körnchen wie ein Sand, in den man versinkt.

Warum ist die Naturphilosophie in Mißkredit gekommen? Weil, als man sie übte, noch zu wenig über die lebenden Wesen bekannt war. Es war leicht, mit der Hegelschen Methodik, aus den wenigen Untersuchungen, die damals bekannt waren über das Leben, Ansichten und Gesetze zu schmieden, aber es war unfruchtbar, denn es war ein Denken und Reden über etwas völlig Unbekanntes. Seitdem aber ist die Menschheit nicht müßig gewesen. Fast unzählige Untersuchungen haben uns Belehrungen auf allen möglichen Gebieten gebracht und jedes Jahr vermehrt sich die Zahl dieser Arbeiten. Immer dringender werden dabei die Klagen, daß es unmöglich sei, das alles zu übersehen, daß man sich spezialisieren müsse. Die Folgen dieses Spezialisierens sind nicht immer erfreulich. Man steht ja doch in letzter Instanz dem Leben des Nebenmenschen gegenüber, und was nützt die genaueste Kenntnis von tausend Einzelheiten, wenn jede Vorstellung fehlt über das, was in dem Organismus des Nebenmenschen eigentlich nicht harmonisch ist. Denn das Leben ist ja doch eine Einheit. Man kann nicht von einem Leben der Finger oder der Augenlider sprechen, wenn man nicht das auffaßt als einen Teil des Gesamtlebens des Organismus, dem sie angehören.

Niemand ist in der Beziehung übler dran als der Physiologe. Seine Wissenschaft heißt die Lehre vom Leben. Zu ihm kommt die junge Generation, die künftigen Ärzte, welche sich mit den Störungen des Lebensvorganges beschäftigen wollen. Von ihm wollen sie wissen, was das denn eigentlich sei, das Leben. Von wem sollten sie es denn auch sonst erfahren. Und was kann der Physiologe ihnen bieten. Eine Summe von Erfahrungen über einzelne Lebensvorgänge, die ja wertvoll genug ist, die aber doch nicht das ist, was der künftige Arzt eigentlich erwartet. Er widmet sich ja doch der Heilung der lebenden Wesen, er erwartet, daß er etwas erfährt über die Art von Vorgang, um den es sich dabei handelt. Seine

Mitbürger erwarten auch, daß er es weiß; bald hegen sie das Vertrauen, daß er es weiß, ohne es zu sagen, bald betrachten sie ihn mit Mißtrauen oder Spott. Ja man sieht leicht ein, dieses ist eine Angelegenheit des ganzen Menschengeschlechts, um die es sich hier handelt. Wenn dasselbe sich herausentwickeln will aus den Banden mittelalterlicher Anschauungen, in denen es groß geworden, bedarf es vor allem eine Kenntnis von dem Vorgang, der sein eigenes Leben ist.

Und die Physiologie sollte diese Kenntnis geben. Aber sie weiß über das Leben selbst nur von ein paar Vorstellungen zu berichten, die teilweise Jahrhunderte alt sind, wie die von Cartesius. Es ist Zeit, daß sich unsere Anschauungen auch in der Beziehung auf den Boden moderner Wissenschaft stellen.

Aber ist das möglich? Sind wir denn nicht selbst lebende Wesen? Steht uns nicht das Hindernis entgegen, daß wir nicht gleichzeitig Untersucher und Untersuchte, Subjekt und Objekt sein können? Muß deshalb nicht das Leben für uns, die Lebenden, ewig ein Rätsel bleiben? Dem halte ich entgegen zwei Fortschritte unserer Zeit, die ich zunächst vorführen will, die Darwinische Theorie von dem einheitlichen Ursprung der lebenden Wesen und die Claude Bernardsche Theorie von der Einheit des Lebensprozesses.

Sie zeigen, daß wir das Leben nicht bloß an uns, sondern in der Gesamtheit der belebten Wesen studieren können, und zwar dasselbe Leben, das auch in uns pulsiert.

2. Darwinsche Theorie.

Es ist ein eignes Gefühl, sich in der Natur zu wähnen als ein Geschöpf eigner Art, ein Geschöpf von allen übrigen getrennt, nach dem Bilde des Schöpfers geformt. Es ist ein anderes aber vielleicht nicht minder köstliches Gefühl, sich an der Spitze aller der Geschöpfe der Natur zu sehen, als das vollkommenste derselben, als den Kopf der Reihe. Dies erste Gefühl mußte den Menschen mit einem Bewußtsein der Ohnmacht und Verlassenheit erfüllen. Er konnte sich auf dieser Erde nicht heimisch fühlen, er war ihr ja fremd, er mußte sie betrachten als einen vorübergehenden Aufent-

halt, seine wahre Heimat lag wo anders. Das zweite Gefühl brachte ihn zum Bewußtsein der kolossalen Entwicklung, welche das Reich des Lebens durchlaufen hatte. Er war der Gipfel dieser Entwicklung. War es mit seinem gegenwärtigen Zustand zu Ende, war das Ziel erreicht, waren die Möglichkeiten erschöpft, die bis hierhin die Steigerung herbeigeführt hatten? Oder gab es noch ein Höhersteigen und wie mußten die Kräfte zusammengefaßt werden, die auf diese Stufe geführt hatten, um noch höher zu kommen?

Auf diese Weise hat die Darwinsche Theorie gesiegt in einem doppelten Sinne. Die Herzen haben sich ausgesöhnt mit der Entwicklung, die Augen können sich nicht verschließen gegen die Wahrheit, die in ihr liegt. Was ihr gegenüber anfänglich die Opposition nährte, war nicht die Mannigfaltigkeit der Wesen, die von einem abstammen sollten, sondern die Einteilung dieser Mannigfaltigkeit in gewisse Klassen und Typen. Wo blieben die Übergänge? fragte man. Allmählich füllte die Paläontologie diese Zwischenräume aus mit untergegangenen Arten, deren Reste sie heute zutage förderte. Noch mehr wurde die Teilnahme gefesselt, als man erkannte, daß einige noch existierende Wesen auch solche Vermittelungen darstellen. Als man diese zuerst kennen lernte, erregten sie unser Erstaunen durch ihre Fremdartigkeit wie der *Amphioxus*, die *Echidna*, der *Lepidosiren*, der *Ceratodus*. Wie man sie dann durch die von Darwins Theorie geschärften Augen ansah, entdeckte man in ihnen merkwürdige Zwischenglieder zwischen verschiedenen Familien, ja zwischen verschiedenen Klassen.

Alte Spuren, die auf die Anwesenheit der Menschen auf der Erde in längst vergangenen geologischen Perioden hindeuteten, sind immer deutlicher erkannt worden, bis sich herausstellte, daß einstmals ein Mensch eines niederen Typus auf der Erde lebte, ein Mensch, der ein Mittelglied bildete zwischen dem heute lebenden *Homo sapiens* und dem gleichfalls nur fossil gefundenen menschenähnlichen Affen, dem *Pithecanthropus*. Endlich haben uns neuere Forschungen auch gelehrt, wie das Blut verwandter Arten, die nahe zusammengehören, sich vermischen läßt, ohne daß die dem Blute eigentümlichen Körperchen dabei zugrunde gehen. Und das Blut des Menschen und des Schimpansen hält diese Probe aus. Was half nun noch das Nichtwollen der Wahrheit gegenüber? Von dieser Einheit, die der gemeinsame Stammbaum zwischen allen tieri-

schen Wesen schuf, zog der Physiologe Nutzen. Er legte von jetzt an einen großen Wert auf die vergleichende Physiologie. Was sich zuträgt bei den niedersten Tieren scheint ihm eine Illustration oder gar ein Baustein zu sein für die Lehre von den Vorgängen bei uns selbst. Er spricht nicht mehr von der Physiologie der Menschen und der Tiere, sondern von der Physiologie, denn die Gesetze scheinen ihm überall dieselben, höchstens mit den Abänderungen gültig, welche die Anpassung an eine besondere Lebensaufgabe notwendig macht. Da kam dann bereits der Pathologe und diskutierte und bejahte die Frage, ob Lebenskeime bald auf Kosten der Tiere, bald auf die der Menschen sich entwickeln können.

3. Die Lehre von der Einheit des Lebensvorganges. Claude Bernards Theorie.

Viel weniger Aufsehen erregend als Darwin hat der Franzose Claude Bernard eine Lehre aufgestellt, die für die Zukunft des Menschengeschlechts noch bedeutungsvoller ist. Er ist weniger angefeindet worden, er ist weniger in den Himmel geloben worden, aber er ist nicht weniger genial. Nur die Fachgenossen konnten im Anfang verstehen, was die Bedeutung dessen war, was er wollte, aber es ist unterdessen die Zeit gekommen, wo die Menschen ohne Ausnahme etwas wissen sollten von der Bereicherung der Erkenntnis, die wir Claude Bernard verdanken. Er hat uns nämlich bekannt gemacht mit der Einheit des Lebensprozesses. Was heißt das? Nichts anderes, als daß das, was in uns selbst sich abspielt, unser Arbeiten und Denken im Grunde dasselbe ist, wie das Laufen des Pferdes, das Singen des Vogels, das Hüpfen des Frosches, das Schwimmen des Fisches. Der sich krümmende Wurm, ja die mikroskopisch kleine Amöbe, das Bakterium, ja selbst das Gras, der Baum, alle Pflanzen zeigen im Grunde denselben Lebensprozeß. Alle die unendlichen Mannigfaltigkeiten, welche die Lebewesen zeigen in ihrer Kraftentwicklung, ihrer Farbe, Form, Größe und Zahl sind nur sekundäre Variationen, welche der im Grunde gleichartige Prozeß erleidet. Das, was die ganze Natur erfüllt, was sie belebt, was unsere Sinne ergötzt und erschreckt, was das Spiel der Farben und Töne in ihr hervorruft, was wächst und sich bewegt, das ist alles **ein** ungeheurer Vorgang. So mannigfaltig, so viel-

gestaltig er erscheint, er ist doch im Grunde von einer verblüffenden Einfachheit. Wie hat das Claude Bernard¹⁾ herausgefunden? Er hat zunächst beobachtet, daß es sich bei allem, was wir Leben nennen, handelt um einen eigentümlichen Austausch mit der alle lebenden Wesen umgebenden Atmosphäre. Alle nehmen aus dieser Atmosphäre Sauerstoff auf und geben Kohlensäure an sie ab. Gleich im Anfang schien sich dieser Betrachtung ein unübersteigliches Hindernis entgegenzustellen in der Verschiedenheit von Pflanzen und Tieren. Denn haben wir nicht schon in der Schule gelernt, daß, während die Tiere Sauerstoff aufnehmen, die Pflanzen Kohlensäure abgeben und daß es sich in bezug auf die Kohlensäure gerade umgekehrt verhält? Claude Bernard aber wies darauf hin, daß die Abgabe von Sauerstoff und die Aufnahme von Kohlensäure die Tätigkeit eines besonderen Apparates der Pflanze, des Chlorophyllkornes unter dem Einflusse des Lichtes ausmacht. Wenn man die Pflanze dieses Apparates beraubt, so braucht sie wie das Tier Sauerstoff und bildet Kohlensäure, das heißt die Pflanze lebt ebenso wie das Tier, aber wie das Tier Muskeln und Nerven bildet um sich zu bewegen und Beute zu erhaschen, so bildet die Pflanze das Chlorophyll, um mit ihrer Hilfe der Ätherschwingungen des Lichtes sich zu bemächtigen und Sauerstoff zu bilden und Kohlensäure umzuwandeln. Auf die Eigentümlichkeit des Gaswechsels und seine Beziehungen zum Leben war nun auch schon Lavoisier aufmerksam geworden, und weil er gefunden hatte, daß sich die lebenden Wesen ebenso verhalten wie brennende Körper, hatte er dieselben als wandelnde Flammen bezeichnet. Indessen eine genauere Untersuchung hatte die Unterschiede gelehrt, welche zwischen dem Lebensprozeß und dem Verbrennungsprozeß bestehen, und Claude Bernard gab dem zuerst klaren Ausdruck, indem er das Wort aussprach „La vie c'est la création et la mort“. Er sagte damit, in dem Leben ist verbunden mit dem Vorgang der Zerstörung der der Bildung. Beide dürfen einander nicht stören, beide müssen einander bedingen, fügen wir hinzu. Es muß das also eine ganz eigentümliche Oxydation sein, ganz unähnlich der in der Flamme, wenn sie gleichzeitig den der Oxydation entgegengesetzten Vorgang, also den der Reduktion bedingt. Nun

¹⁾ Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris 1878.

ermittelte Claude Bernard weiter, daß das Leben niemals ein ununterbrochener Prozeß ist. Bei allen Lebewesen wechseln zwei Zustände miteinander ab, ein Ruhe- und ein Tätigkeitszustand, gewöhnlich als Schlafen und Wachen bezeichnet. Auch die Pflanzen haben einen Schlaf während des Winters, und wie der Schlaf in den Scheintod zum völligen Aufhören aller Lebenserscheinungen übergeht, davon gibt Claude Bernard ein Beispiel an dem Bären-tierchen, das in den Dachtraufen lebt. Wenn dieses trocken wird, dann gleicht es täuschend einem Sandkorn, das dort liegt, und wenn es benetzt wird, beginnt es plötzlich zu leben, streckt seine Beine hervor und kriecht davon. Es sind die äußeren Bedingungen, welche die Abwechslung von den beiden Zuständen veranlassen, so Licht und Dunkel bei dem nächtlichen Schlaf, so Wärme und Kälte bei dem Winterschlaf, so die Trockenheit und Nässe bei dem Sommerschlaf. Es sind aber auch gewisse chemische Stoffe, welche das Schlafen herbeiführen können. Alle lebenden Wesen lassen sich narkotisieren. Auch die Pflanzen unterliegen dem Einflusse des Chloroforms, des Äthers, so hat Claude Bernard gezeigt. Ein Beispiel von der Verbreitung dieser Macht im Bereich der lebenden Wesen und von der Möglichkeit aus ihr zu erkennen, ob etwas durch das Leben bewirkt werde, ist denn nach Claude Bernard von dem französischen Forscher Müntz¹⁾ beigebracht worden. Er hat nämlich gezeigt, daß man auch die Ackererde, den Humus chloroformieren kann. Die Fruchtbarkeit des Humus beruht darauf, daß er aus stickstoffhaltigen Substanzen, vor allem dem Ammoniak, mit dem er gedüngt wird, Salpetersäure zu bilden imstande ist. Die Frage war, beruht das auf der Anwesenheit von lebenden Wesen in diesem Humus, und die Antwort war „ja“, denn man kann durch Chloroformieren ganz plötzlich diese Umwandlung in die Sauerstoffverbindungen des Stickstoff unterbrechen. Seitdem sind diese Lebewesen „die Bakterien der Nitrifikation“ ein fester Besitz der Wissenschaft. Welcher Schritt von der Chloroformierung eines Menschen bis zu dem der Ackererde. Aber alles, was lebt fügt sich in gleicher Weise dieser einfachen chemischen Verbindung, und das zeigt, daß der chemische Prozeß, der sich in allem, was lebt, vollzieht, denselben Ablauf haben muß.

¹⁾ A. Müntz et Th. Schloesing. Compt. Rend. 85. 1877. 1018—1020.

4. Die Lehre von der Einheit der Zellenorganismen. Zellentheorie.

Schon bevor Darwin die Lehre von dem einheitlichen Ursprung der lebenden Organismen in ihrer wissenschaftlichen Begründung der Welt geschenkt, ehe noch Claude Bernard uns mit der einheitlichen Natur der Lebensprozesse bekannt gemacht hatte, war uns etwas mitgeteilt worden, was ebenfalls ein Licht auf den Zusammenhang der lebenden Wesen warf, und diese Entdeckung hat seitdem mehr als die übrigen Erkenntnisse die Fortschritte der Wissenschaft beherrscht. Schon seit einiger Zeit hatten die Botaniker mit Hilfe des Mikroskops festgestellt, daß die Pflanzen aus Zellen bestehen, von denen jede eine eigene Wand und einen besonderen Inhalt besitzt. Nun zeigte Schwann,¹⁾ daß auch bei den Tieren solche Zellen vorkommen, die eine ähnliche Größe oder mikroskopische Kleinheit, eine ähnliche Organisation wie die Pflanzen besitzen. Da erwuchs mit einemmal der Gedanke, daß diese Abteilungen die Elemente seien, aus denen sich Tiere wie Pflanzen aufbauten, die sogenannte Zellentheorie. Zwar regten sich auch Zweifel. Schwann hatte zuerst die Ähnlichkeit zwischen Pflanzen- und Tierzellen nachgewiesen an solchen Teilen der Tiere, wo die Zellen in der Tat eingebettet liegen wie von Wänden umgeben, z. B. im Knorpel. Dann aber kam bei der Untersuchung anderer Teile des Tieres die Gewißheit, daß sich hier ähnliche Gebilde finden, welche der für die Zellen charakteristischen Wände entbehrten. Und weiter machte man die Entdeckung, daß das, worin diese Gebilde im Knorpel eingebettet liegen, eigentlich gar nicht zu diesen Zellen gehöre, daß es eine besondere Substanz sei, welche Höhlen habe. Und in diesen Höhlen können die Gebilde drinliegen, sie können aber auch herausfallen und die Höhlen leer lassen. Die Wandungen sind also hier kein Teil der Gebilde. Wenn aber die Wandungen charakteristisch für die Zellen sind, darf man denn da die tierischen Gebilde für das Gleiche wie die pflanzlichen ansehen, sind sie auch Zellen? Der Streit dauerte nicht lange, denn man entdeckte, daß die Zellwandung auch bei den pflanzlichen Zellen nicht immer vorhanden ist, daß sie

¹⁾ Schwann, Mikrosk. Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und im Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839.

also keinen unentbehrlichen Teil derselben darstellt. Dagegen fand man, daß die Pflanzenzelle zwei immer vorhandene Bestandteile besitzt, nämlich Kern und Protoplasma, und daß diese sich in den tierischen Gebilden in gleicher Form wiederfinden. Von dem Moment an war man einig. Kern und Protoplasma sind die originalen Bestandteile der Zelle und diese Zellen sind die elementaren Bestandteile der Tiere wie der Pflanzen. Wenn nun aber die tierischen Zellen sich nicht wie die pflanzlichen Zellen durch eine besondere Wand abschließen, haben sie dann nichts, was ihr Protoplasma abtrennt von dem der Nachbarzelle? Das führte zu einer Untersuchung der Wand der Pflanzenzelle, denn man kam auf den Gedanken, daß vielleicht die tierischen Zellen auch eine Wand haben, daß dieselben sich aber nicht so sichtbar wie die der Pflanzen abheben. Man entdeckte, daß die Wand der Pflanzenzelle aus Zellulose bestehe, also aus einem Kohlenhydrate, und da man weiter durch chemische Untersuchungen in Erfahrung brachte, daß die Pflanze Kohlenhydrate bilde, so schloß man, daß die Wandung der Pflanzenzelle eine Bildung derselben sei, entsprechend ihrem eigentümlichen Stoffwechsel. Tiere bilden nun nicht Kohlenhydrate, sondern Eiweißkörper und Fette und entsprechend dem, was man von den Pflanzen weiß, wird man vermuten müssen, daß die Wandungen von Tierzellen aus Eiweißkörpern und Fetten bestehen. Solche Wandungen heben sich aber nicht so deutlich von dem Inhalt ab, wenn sie nicht in großen Massen abgeschieden werden, und man kam bald dazu die tierischen Zellen einzuteilen in solche, in denen eine solche Bildung und Ausscheidung an der Peripherie in Massen stattfand und in solche, in denen das nicht geschah. Was zuerst um die Zelle stattfand, löste sich allmählich von ihr ab, lag dann zwischen den Zellen und wurde zur Interzellulärsubstanz. Die feinen Häutchen aber, welche die anderen Zellen einhüllten, wurden zunächst nicht gesehen. Die Zellentheorie schreitet nach drei Richtungen vorwärts. Zunächst einmal entdeckt man, daß alle lebenden Wesen aus einem Keim hervorgehen und daß dieser Keim selbst eine Zelle sei. Der Grundsatz „omnis cellula e cellula“ wurde so etabliert. Jedes Entstehen lebender Individuen nimmt also seinen Anfang von einer Zelle, und daran reiht sich der zweite Schritt. Ein lebendes Individuum besteht aus einer Vielheit von Zellen, und wenn diese Vielheit aus einer Einheit hervorgeht, so

muß es sich um eine Vermehrung der Zellen handeln. Die einfachste Vermehrung ist die von eins in zwei. Man entdeckt, daß die Grundlage jedes Wachstums die Teilung der Zellen sei. Nach den Potenzen von zwei geordnet vermehren sich die Zellen, und jede Bildung eines Teils, jedes Wachstum des lebenden Wesens ist an die Zellen, ihre Vergrößerung oder ihre Vermehrung geknüpft. Die Vergrößerung kann nicht weit gehen, so entdeckt man bald, sie muß, sowie sie ein gewisses Maß übersteigt, der Vermehrung Platz machen.

Wenn sich so gewissermaßen anatomisch für das betrachtende Auge vollzieht, daß das Entstehen und Wachsen der lebenden Wesen an die Zellen geknüpft ist, so beginnt man auch jetzt die Einheit des Lebensprozesses zu verstehen, wie sie Claude Bernard gezeigt hatte. Diese Einheit des Lebens ist eben das Leben der Zelle. Die Zelle liegt allen lebenden Wesen zugrunde, und daher muß auch der chemische Vorgang, der in ihr sich abspielt, sich überall wiederholen. Nur die eigentümlichen Apparate, die sie bildet, können die Summe der chemischen Veränderungen, die ein lebendes Wesen durchmacht, modifizieren. Analysiert man aber dieses Ganze, trennt man in ihm die einzelnen Teile voneinander, so wird man immer wieder auf den grundlegenden Anteil des Lebens der Zelle stoßen. Und ebenso müssen die Eigenschaften der Zelle sich in allen lebenden Wesen wieder nachweisen lassen. Was sind nun diese Eigenschaften, fragte man sich, und tat den dritten Schritt. Es handelte sich darum, die Zelle loszulösen von allen den Apparaten, die sie in dem Gesamtorganismus gebildet hat, das hieß sie loslösen von dem Gesamtorganismus selbst, lösen aus dem Zusammenhang. Seither hatte man nur Zellen kennen gelernt, welche Abteilungen von lebenden Organismen waren, jetzt wollte man diese Abteilung als Element, die Zelle für sich kennen lernen. Die Forschung hatte schon zur Kenntnis einzelliger Organismen geführt und man bemerkte, daß die Amöbe die größte Ähnlichkeit habe mit gewissen Zellen, die man auch in den höheren Organismen antraf. Da kam zuerst die Ausflucht, an der Hand einer Reihe von Beobachtungen über den Parasitismus, die man ungefähr gleichzeitig angestellt hatte, daß jene den Amöben gleichenden Formen nur als parasitisch, d. h. als fremde Gäste sich aufhaltende Zellen anzusehen seien. Sie gehörten in Wirklichkeit den frei leben-

den Amöben an, sie seien nicht Teile der höheren Organismen, in denen sie angetroffen würden. Diese Idee aber mußte man wieder aufgeben, als man entdeckte, daß diese amöboiden Zellen doch eine bestimmte Rolle in dem Leben der höheren Organismen spielten, ja daß es eine Epoche in der Entwicklung der höheren Organismen gebe, in denen nahezu alle ihre Zellen die Eigenschaften der amöboiden Zellen teilen. Da war denn nur die Umkehr möglich. Die amöboiden Zellen sind nicht fremde, sie sind die eigentliche Grundform der Zellen der höheren Wesen, die Elementarorganismen, wie man sie nannte. Und das Leben, die Organisation jedes komplizierteren Lebewesens beruht auf der Vereinigung einer Anzahl solcher Elemente. Die Aufgabe der Zellenlehre war es, uns zu zeigen, wie durch eine solche Vereinigung gewisse Eigenschaften der Elemente modifiziert und gewisse neue Organisationen gebildet werden.

5. Der Widerspruch zwischen Kapitel 3 und Kapitel 4. Morphologen und Mechaniker.

Ein Widerspruch sollte existieren zwischen der Einheit des Lebensprozesses und der Einheit des Lebensorganismus? Das ist doch nicht erkennbar. Im Gegenteil, es herrscht darin, so scheint es, die schönste Übereinstimmung. Es schien hiermit die Grundlage für eine Arbeitsteilung der Forscher gegeben, die nunmehr die Wissenschaft beherrschen sollte. Die einen beschäftigten sich mit der Erforschung der morphologischen Apparate der lebenden Wesen und suchten diese auf die Einheit der Zelle zurückzuführen. Das waren die Morphologen. Die anderen untersuchten die Kräfte der lebenden Wesen und strebten danach, alles das, was allen lebenden Wesen an Kraftentwicklung zukommt, zu begreifen. Ich will sie unter dem Namen der Mechaniker zusammenfassen, indem ich hier Mechanik, im weitesten Sinne gefaßt, meiner Benennung zugrunde lege. Ergab sich nun zwischen diesen beiden Klassen von Forschern eine steigende Übereinstimmung? Gelang es allmählich, aus dem Apparat, der allen lebenden Wesen nach den Ermittlungen der einen zugrunde liegt, die Kräfte abzuleiten, welche in ihrer Variation von den lebenden Wesen entwickelt werden? Das mußte der Fall sein, wenn diese Wissenschaften ihre

Schuldigkeit taten. Aber ich, der wie aus dem folgenden, dem historischen Abschnitt zu sehen sein wird, in meiner Stellung zwischen beiden Lagern stand, mußte mich bald überzeugen, daß das nicht der Fall war. Ich war histologischer Assistent an einem physiologischen Institut. Ich hatte mich mit morphologischen Aufgaben, mit den Methoden zu befassen, durch die in den lebenden Wesen die Zellen erforscht werden, und ich war in einer Atmosphäre, in der die physiologischen Probleme alle beschäftigten. Wenn die Kräfte unter dem Einfluß des Experimentes eine Veränderung erleiden, wie ist aus dem Apparate dieselbe abzuleiten, mußte ich fragen. Und was ist der Apparat überhaupt? Wenn der Physiologe die Änderung der Kraftentwicklung auf eine Zelle zurückführte, so hatte er eine bestimmte Art von Zellen im Auge, eine Muskelzelle, eine Drüsenzelle, eine Nervenzelle usw. Was ihm die Kraftentwicklung veranschaulichte, das war die besondere eigentümliche Organisation dieser Zelle, nicht das was allen Zellen gemeinschaftlich war. In der Regel aber hält sich der Physiologe nicht an eine Zelle, sondern an das ganze Lebewesen. Dessen Individualität, d. h. das ganze untrennbare Gesamtwesen war verantwortlich für die physiologische Reaktion. Eine bestimmte Zellenart mochte wohl durch ihre Veränderungen beitragen zu dem Resultat, aber das, was alle Zellen verbindet, der Blutstrom, die Nervenerregung sind wesentlich verantwortlich für das Verhalten der tierischen Organismen gegenüber den Reizen. Sind nun die bestimmten Organisationen, welche in den einzelnen Zellen wahrzunehmen sind, dasjenige, was dem Leben zugrunde liegt? Sind sie nicht bloß Apparate, welche für die Ausführung bestimmter Funktionen von der Zelle ausgebildet werden? Wie kommt es, daß die Zelle dieselben ausbildet? Und die Gesamtheit der Funktionen des Lebens, auf die er immer wieder zurückkommt, wie leitet der Physiologe diese aus der Einheit des Lebens, aus der Zelle ab? Was bietet ihm die Zelle zur Erklärung des Kreislaufs, der Atmung, der Gehirntätigkeit? Was hat er anderes als Wünsche und Hoffnungen, gegenüber dem Entstehen und Vergehen, dem Wachsen und Altern, dem Lieben und Hassen der lebenden Wesen? Kein Wunder, daß sich der Physiologen eine wachsende Niedergeschlagenheit gegenüber ihrer Aufgabe bemächtigte, die ihren prägnantesten Ausdruck fand, in dem berühmten Ignoramus, Ignorabimus

von Du Bois-Reymond.¹⁾ Die Morphologen dagegen eroberten in einer Art von Siegeszug den gesamten Aufbau des Körpers, den sie aus der Eizelle ableiteten. Immer mehr vergrößerte sich der Abstand zwischen beiden Richtungen, immer unheilvoller wurde die Kluft für denjenigen, der auf dieser zwiespaltigen Basis seine Kenntnis der Schicksale des menschlichen Organismus aufbauen sollte, für den jungen Mediziner. Sollte nicht die Unfruchtbarkeit durch die Trennung selbst verschuldet sein? Aber was war verständiger, als daß der eine sich in den Bau des Apparates, der andere in seine Funktionen vertiefte? Bedurfte es doch aller Kräfte eines Menschenlebens für das eine wie das andere, und die Methoden, die Hilfsmittel waren so verschieden. Diese Trennung in den Bau und die Funktionen, beruhte auf einer Trennung von der Kenntnis der Formen und der Kräfte, die uns Menschen in allem was wir machen, in allem was wir tun, natürlich ist. Sie beruht auf unserer eigenen Organisation, unseren Sinnen, unseren Bewegungen. Aber die lebenden Wesen nehmen doch eine Sonderstellung ein gegenüber den übrigen Erscheinungen in der Natur. In ihrer Erklärung erwächst uns eine neue Aufgabe. Sollte da auch die alte Trennung in Formen und in Kräfte sich noch bewähren? Nicht auf das was die Erfahrung uns bietet, müssen wir zurückkommen, aber wir müssen diese Erfahrung einer Kritik unterwerfen. Wir müssen sehen ob die Elemente, die wir in dieser Erfahrung finden, nicht einer anderen Kombination fähig sind. So gelangte ich zu dem Gedanken, daß es vielleicht eine Beziehung der Kräfte und Formen sei, durch die sich die Entfremdung, der Gegensatz zwischen Mechanikern und Morphologen aus der Welt schaffen und eine Erklärung des Lebens finden lasse.

6. Kräfte und Formen.

Wenn ich eine Schnecke sehe, so erwarte ich die sprichwörtliche Langsamkeit ihrer Bewegungen als etwas Selbstverständliches. Und ebenso ist mir eine große Schnelligkeit gegenwärtig, wenn ich an ein Rennpferd denke. Ein Hund erweckt in mir neben vielen

¹⁾ Du Bois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte. Leipzig 1872.

anderen die Vorstellung des Bellens und ebenso die Katze die des Miausens. Das beruht nicht bloß auf einer Beurteilung der uns sichtbaren Organe und ihrer Leistungsfähigkeit, sondern wir sehen einen Paläontologen ausgerüstet mit nichts anderem als einem Kiefer eines vorweltlichen Tieres Auskunft über die Eigenschaften des Trägers desselben geben, obgleich weder er noch irgend ein anderer Zeitgenosse jemals denselben gesehen. Es beruht das auf der Einteilung der Tiere in gewisse Ordnungen, Familien und Arten, die uns Aufschluß geben über die Lebensweise, die Lebensäußerungen derselben. Und diese Einteilung beruht auf körperlichen Merkmalen, z. B. auf dem Gebiß. Sie gibt aber auch Auskunft über die Lebensäußerungen, die wir zu erwarten haben. Die körperlichen Merkmale sind Formen des Körpers, die Lebensäußerungen sind Kraftentwickelungen. Zwischen beiden besteht bei den lebenden Wesen ein so inniges Band, daß wir uns gar nicht anders denken können, als daß der Hund bellt, der Hahn kräht, der Vogel fliegt usw. Ist dieses Band nun für die lebenden Wesen charakteristisch? Oho, werden wir da sagen, wir kennen doch dieselbe oder eine ganz ähnliche Beziehung auch bei anderen Dingen, bei Maschinen. Wir erwarten auch nicht von einer Lokomotive eine andere Kraftentwicklung, als daß sie fährt, oder von einem Luftballon, als daß er fliegt usw. Gibt es aber nicht doch einen Unterschied zwischen dieser Verknüpfung von Formen und Kräften bei Maschinen und jener bei lebenden Wesen? Bei den Maschinen trennen wir doch ganz bestimmt den Bau der Maschine von ihrer Kraftentwicklung. Wir setzen voraus die Maschine ist von Jemand gemacht worden, diese Formen, welche sie bilden, sind durch Kräfte, die auf sie verwendet worden, hergestellt. Und diese Kräfte sind ganz andere als die, welche die Maschine entwickelt. Bei den lebenden Wesen aber existiert diese Trennung zwischen den Kräften, durch die die Formen gebildet werden und den Kräften, welche sie entwickeln, nicht. Wenn das Wort „la vie c'est la création et la mort“ richtig ist, dann ist es derselbe Vorgang, welcher eine Form bildet und die Kraft entwickelt. Diese Kraftentwicklung aber zerstört die Form, denn sie geschieht auf Kosten derselben. Jenes ist die Schöpfung, dieses der Tod. Nirgends sehen wir diese Verbindung deutlicher ausgeführt als bei dem Muskel. Der geübte Muskel wächst. Üben heißt Kraftentwicke-

lungen von dem Muskel verlangen und die Kraftentwickelungen erfolgen auf Kosten der Substanz des Muskels. Trotzdem wächst derselbe, d. h. seine Formen bilden sich immer kräftiger und deutlicher aus. So ist das deutliche Band, welches Kraft und Form in den lebenden Wesen umschlingt, in seinen ersten Umrissen bezeichnet. Kraft wird von der Form geliefert und bildet wieder die Form. Aber einsehen können wir das an den komplizierten lebenden Wesen nicht näher. Wir müssen uns zuerst umsehen, ob wir nicht auch in der anorganischen Natur bei den einfachen Bildungen eine solche Beziehung finden. Lange Zeit hat man sie ganz ignoriert, aber allmählich beginnt man einzusehen, daß sie auch in den allereinfachsten Verhältnissen sich findet. Wie denn?

Wenn ich die Eigenschaften des Kochsalzes studieren will z. B. ist es gleichgültig, ob das Stück, das ich nehme, eine dreieckige oder viereckige Form hat. Auf das Gewicht, auf die Menge kommt es an, nicht aber auf die Form, die beachte ich gar nicht. Es werden ja die Eigenschaften, auf deren Studium es nur ankommt, erst zur Geltung gebracht, wenn die Moleküle des Salzes isoliert sind. Auf die Zahl der Moleküle, auf die Eigenschaften des einzelnen Moleküls, auf die Summe, die sich aus der Kombination dieser beiden Faktoren ergibt, habe ich zu achten, nicht aber auf die Art und Weise, wie die Moleküle zu einer Form verbunden waren. Aber ist diese Art und Weise so ganz gleichgültig? Entspricht unsere Beurteilung nicht eigentlich noch einer unvollkommenen Kenntnis der Eigenschaften der Dinge? In der Entwicklung der Naturwissenschaften müssen wir unterscheiden einen Zustand, in dem die Eigenschaften des einzelnen Moleküls und ihre Zahl das unseren Kenntnissen allein zugängliche war. Der Satz „*Corpora non agunt nisi soluta*“ bezeichnet die Herrschaft dieses Zustandes. Daraus aber folgt nicht, daß nicht eine weitere Entwicklung stattfinden könne, in dem auch die Verteilung der Moleküle im Raume eine deutliche kausale Bedeutung für uns gewinnen könne. An dem Übergang der einen Epoche in die andere stehen wir jetzt. Da ist zunächst die auffallende Art der Verbindung der Moleküle in den Kristallen. Abgesehen von dem Kopferbrechen, welches das Fragen nach der Ursache, nach den Gesetzen dieser Verbindung bei den Spezialisten den Kristallographen, den Mineralogen, den Physikern verursacht, ist es die Erfahrung, daß diese Verbindung

einen gewissen Einfluß auf andere Kräfte hat, welche die Forscher zu beschäftigen beginnt. Warum hat der kohlen saure Kalk andere Eigenschaften je nachdem er als Arragonit, als Kalkspat, als Marmor oder als Kreide erscheint? Die Verschiedenheit der Eigenschaften verraten sich in ihrer Wirkung auf das Licht und in einer Form, als Kalkspat, leistet der kohlen saure Kalk dabei uns besondere Dienste. Dann haben wir den Kohlenstoff als Kohle, als Graphit, als Diamant, den Schwefel als gewöhnlichen oder rhombischen Schwefel und als prismatischen oder monoklinen Schwefel, den roten und den gelben Phosphor. Die Kristallform deutet auf die Art der Verbindung der Moleküle hin, die Wirkung auf das Licht bestätigt, daß es sich um den Weg handelt, der für das Licht zwischen den Molekülen freibleibt. Und die Verschiedenheit dieser Verbindung bedingt die Verschiedenheit anderer Eigenschaften. Sehen wir von den Wirkungen auf das Licht ab, so schmilzt der rhombische Schwefel bei $144,5^{\circ}$ C., der monokline bei 120° . Der erstere hat ein spezifisches Gewicht von 2,07, der letztere von 1,96. Der gelbe Phosphor ist sehr giftig, der rote ist es nicht. Die Art der Verbindung der Moleküle hat also gewisse Einflüsse, gewisse Wirkungen, die sich vor allem im Bereich der lebenden Wesen offenbaren und schon beginnt es uns anzudämmern, daß hier etwas neues in den Brennpunkt wissenschaftlicher Betrachtung zu rücken beginnt, was man seither nicht beachtete. Die erste Frage war nun, weshalb findet denn eine solche verschiedene Verbindung der Moleküle untereinander statt, oder mit anderen Worten: weshalb gibt es allotrope Modifikationen desselben Stoffes? Die Antwort hierauf erhielt man zunächst bei dem Sauerstoff. Die beiden allotropen Zustände des Sauerstoffs das Ozon und der gewöhnliche Sauerstoff sind darauf zurückzuführen, daß in dem einen drei, in dem anderen zwei Atome Sauerstoff zu einem Molekül verbunden sind. Würden diese Moleküle sich untereinander gruppieren, wie wir das in einem Kristall annehmen müssen, so würden die Kristalle in beiden Fällen verschieden sein, denn die Gestalt der Moleküle ist verschieden. So führt man die allotropen Modifikationen der verschiedenen Stoffe auf die verschiedene Zahl, in der die Atome sich im Molekül vereinigen, auf die Gestalt und Größe der Moleküle zurück. Und damit sind wir der Ursache der Form einen Schritt näher gerückt. Bei den Kristallen beruht die

Ursache der Form in der Gestalt des Moleküls und diese wieder in der Zahl und Gruppierung der Atome im Molekül. Damit aber kommen wir schon den Kräften näher, denn die beruhen auch auf der Gruppierung der Atome. Aber ist es nicht voreilig, von einer Gestalt der Moleküle zu sprechen? Von einer anderen Seite erhalten wir dazu die Autorisation. Denn die Chemie hat sich, um die Verschiedenheit isomerer Verbindungen zu erklären, schon vor einiger Zeit genötigt gesehen, die Lage der Atome im Raume innerhalb des Moleküls in Betracht zu ziehen. Ja sie ging sogar von der Gestalt eines Atoms, des Kohlenstoffatoms aus. Diesem verlieh sie die Form eines Tetraeders und sie erklärte, daß es die Verschiedenheit einer Verbindung bedinge, ob der Sauerstoff zu diesem Kohlenstoff rechts oder links gelagert sei, wenn alle Ecken des Tetraeders, d. h. des Kohlenstoffatoms durch verschiedene Atome oder Atomgruppen besetzt seien. So schuf sie die Stereochemie, d. h. die Lehre von der Anordnung der Atome im Raume innerhalb eines Moleküls. Es ist nichts anderes als die Form des Moleküls, welche hier erörtert wird und diese Form wird mit verantwortlich gemacht für die Kräfte, die das Molekül entwickelt. Wie die Form des Moleküls aber jene andere Form bedingt, welche die Verbindungen von Molekülen, die Kristalle einnehmen, haben wir oben gesehen und wir empfangen mit einem Male eine merkwürdige Bestätigung der Beziehung, welche zwischen der Gruppierung der Atome im Raume innerhalb des Moleküls und der Gruppierung des Moleküls innerhalb des Kristalls durch die Versuche Pasteurs¹⁾ von denen bald näher gesprochen werden soll. Einstweilen scheint ein weiter Schritt zwischen den Kristallen, diesen Typen des Starren, Unbeweglichen und den lebenden Wesen, diesen Typen der Veränderlichkeit. Und doch gibt es zwischen beiden eine merkwürdige Beziehung. Die Grundlage der lebenden Wesen wird von den Kolloiden gebildet. Die Erfahrung setzt diese in einen Gegensatz zu den Kristalloiden, denn die Kristalle diffundieren, die Kolloide tun es nicht. Aber die Kristalloide diffundieren auch nur, wenn sie gelöst werden, wenn ihre Moleküle sich isolieren und beweglich werden. Und zwischen dieser Isolation, die durch die

¹⁾ Pasteur, *Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels*. Paris 1860/61.

Gaule, Kritik der Erfahrung vom Leben.

echte Lösung bedingt ist, und dem festen ruhenden Zustande stellen die Kolloide eine Art Vermittelung dar. Denn in den Kolloiden haben wir nicht isolierte Moleküle vor uns, sondern Molekülgruppen, welche in den Lösungsmitteln nur suspendiert sind, sie teilen mit den gelösten Stoffen die leichte Verschiebbarkeit im Wasser, mit den Kristallen die Beziehungen, die aus der Verbindung der Moleküle zu Gruppen resultieren. Und diese Gruppen können größer werden und der Ausscheidung, dem Festwerden sich nähern, oder sie können zerfallen und dann in die echte Lösung übergehen. So stehen die Kolloide auf dem Punkte, wo sie den Kristallen ähnlich werden, d. h. wo alles in ihnen auf die Verbindung der Moleküle ankommt oder wo sie in Lösung übergehen können, wo alles auf die Kräfte ankommt, die bei dem Zerfall frei werden. Die Verbindung der Moleküle bedingt die Formen, der Zerfall der Moleküle in Atome bedingt die Kräfte und indem die Kolloide auf dem Übergang zwischen beiden stehen, indem sie die Grundlage der lebenden Wesen bilden, sehen wir ein, wie in den lebenden Wesen eine eigentümliche Verschlingung von Formen und Kräften zum Ausdruck kommen muß.

7. Die Zellulärpathologie und die neuesten Fortschritte der Infektionslehre.

Ich hatte nicht umsonst ein Jahr lang in Virchows Institut gearbeitet und das Entzücken, welches dessen herrliches Buch über die Zellulärpathologie bereitet, war nicht ganz aus meinem Gedächtnis verschwunden. Immer wieder klang mir der Mahnruf in den Ohren, warum schreibt man nicht eine Zellulärphysiologie? Das wollte heißen, warum führt man nicht die verschiedenen Kraftentwickelungen, welche der gesunde Organismus zeigt, ebenso auf die normalen Zellen zurück, wie Virchow die pathologischen Erscheinungen auf die veränderten Zellen zurückgeführt hat? Wenn ich mich in diese Aufgabe im Geiste vertiefte, wurde mir der im vorletzten Kapitel erörterte Zwiespalt in der Auffassung der Zelle immer deutlicher. Der Physiologe sah die Zelle als einen Apparat an, den sich der Organismus geschaffen. Er konzentrierte sich auf ein bestimmtes Kapitel in der Physiologie und er untersuchte, inwiefern der Apparat arbeiten müsse, mit dem er in diesem Kapitel

zu tun habe, um die gemessenen Kraftentwickelungen zu leisten. Der Histologe dagegen betrachtete die Zelle als den Schöpfer des Organismus. Er untersuchte, inwiefern die Zelle die Eigenschaften besäße, um aus ihr die Formen des Organismus abzuleiten. Welcher von beiden hatte recht? Wurde das entschieden durch die Zellulopathologie? Etwas ketzerisch wurden meine Gedanken, als ich mir die Frage vorlegte, was hat Virchow mit ihr eigentlich geschaffen? Er hat gefunden, daß bei bestimmten Krankheitsformen bestimmte Zellveränderungen vorliegen. Und er hat weiter diese Zellveränderungen als die Ursachen der Krankheitsformen angesprochen. Das ist ganz im Sinne des Histologen gesprochen, denn die Zelle ist ja der Schöpfer des Organismus und der Organismus ist der Schöpfer des Lebens. Das ist weiter unzweifelhaft richtig, die veränderten Zellen sind wirklich die Ursachen der veränderten Kraftentwicklung. Aber ist es auch alles? Ich fürchte fast, man wird mich mißverstehen, wenn ich sage, das Gegenteil davon ist gerade ebenso wahr. Die veränderten Kraftentwickelungen sind die Ursachen der Veränderungen der Zellen. Gewiß ein verfetteter Muskel z. B. ist die Ursache, daß ein Organismus eine bestimmte Muskelkraft einbüßt, aber ebenso wahr ist es, daß wenn eine bestimmte Kraftentwicklung nicht aus dem Muskel verschwunden wäre, so wäre er nicht verfettet. Ich will Virchows Verdienste nicht schmälern, indem ich das sage. Wenn man den Zustand der Pathologie wie er vor ihm war, vergleicht mit dem, was sie unter seiner Leitung geworden ist, erkennt man die Größe seiner Leistung. Und er hatte auch vollkommen recht, daß er die Veränderungen der Zellen als die Ursachen der Krankheitserscheinungen ansah. Das war ein Standpunkt, den die Wissenschaft einmal einnehmen mußte, eine Weise, die Dinge zu betrachten, die für die Erkenntnis notwendig war. Aber schon zu Virchows Lebzeiten rollte der ins Rollen gekommene Marmorblock weiter. Es läßt sich ja nicht abweisen, daß die Zellveränderungen auch als Wirkungen aufzufassen sind. Sie sind ja nichts Unerklärliches, wenigstens kann die Wissenschaft nicht dabei stehen bleiben, sie als unerklärlich anzusehen. Und so erhebt sich die Frage nach ihrer Ursache. Das ist eigentlich die Krankheit, das, was die Zellen verändert, nicht die veränderten Zellen sind es. Wie die Kräfte durch die Krankheit verändert werden, so auch die Formen. Hinter

beiden Veränderungen steckt dieselbe Ätiologie. Es ist vielfach mißverstanden worden, daß Virchow gegenüber diesen Fortschritten der Ätiologie sich ablehnend verhielt. Er erkannte nur gezwungen, das, was sich nicht leugnen ließ, an. Es war das nicht etwa die versteckte Eigenliebe des Mannes, der nicht will, daß sein Lebenswerk von neuen Entdeckungen in Hintergrund gedrängt werde. Das hatte er nicht nötig, denn sein Lebenswerk beseelte so sehr die ganze Wissenschaft, von ihm zehrten ja auch alle die neuen Entdecker, so daß von einem Zurückdrängen der Zellularpathologie nicht die Rede sein konnte. Es war das nur eine Konsequenz seines Standpunktes, daß er von anderen Ursachen der Krankheiten, als den Veränderungen der Zellen nichts wissen wollte. Und die neue Entwicklungsphase der Wissenschaft, welche diese Veränderungen selbst nicht als Ursachen, nein als Wirkungen der Krankheit betrachtete, erhob sich langsam vor ihm, um ihn, hinter ihm, aus seinem eigenen Werk heraus. Diese neue Entwicklungsphase, in der wir jetzt mitten drin stehen, hat als Ursachen der Krankheiten eine neue Gattung von Lebewesen, die Bakterien und Kokken, die Organismen der Infektion gebracht. Zuerst reihte man diese neuen Wesen auch unter die Zellen, teils aus Pietät gegen die Zellularpathologie, teils weil man sich unter der Herrschaft der Zellentheorie eine andere Organisation eines lebenden Wesens als nach dem Zellschema nicht denken konnte. Bald aber mußte man sich sagen, entweder wir bezeichnen etwas vollkommen Unbestimmtes mit dem Namen Zelle oder diese Wesen sind keine Zellen. Alle Kriterien, die wir seither für Pflanzen- oder Tierzellen aufgestellt hatten, ließen gegenüber vielen Bakterien oder gar Kokken im Stich. Mich überraschte es nicht, daß man als Ursache der Krankheiten lebende Wesen entdeckte. Denn die rasche Veränderung der Kraftentwicklung wie die Veränderung der Zellen konnte nur bewirkt werden durch etwas was selbst die Hilfsmittel des Lebens besaß. Aber was ist das Leben, fragte ich mich hier wieder, was ist sein einfachstes Substrat? Die Zelle kann es nicht sein, denn jenseits der Zelle lehrt uns das Mikroskop noch eine Fülle der Lebewesen kennen. Die ganze Natur ist von ihnen erfüllt, das Wogen ihres Lebens, seine Rivalität mit dem unseren, den Nutzen, den Schaden, den sie uns bieten, lernen wir von Tag zu Tag mehr verstehen. Was ist das Eigentümliche, das Charakte-

ristische, das auch dem einfachsten Leben zugrunde liegt, und wie baut sich von ihm aus bis zur Zelle, bis hinauf zu den mehrzelligen Wesen der Kreis der Formen und Kräfte auf?

8. Kriterien des Lebens.

Woran aber soll man erkennen, was lebt, wenn die Zelle nicht die morphologische Einheit des Lebens ist? Und wenn die Fülle der Lebewesen, welche die Natur durchdringen, eine so ungeheure ist, daß wir auf Schritt und Tritt, in Gebieten, auf denen wir es früher nicht ahnten, ihrem Wirken begegnen, müssen wir da wirklich annehmen, daß dies ein einheitlicher, charakteristischer Vorgang ist? Ist es nicht viel mehr wahrscheinlich, daß es sich um eine Fülle von untereinander verschiedenen Einzelvorgängen handelt, wie wir sie in der Natur ja in der größten Mannigfaltigkeit treffen? Sollte wirklich eine Ähnlichkeit, eine innere Gemeinschaft existieren zwischen dem, was ein Bakterium, das in der Ackererde lebt, tut und leidet und unserem eigenen Leben? Früher einmal in einem Aufsatz, den ich in der Nation¹⁾ veröffentlichte, habe ich versucht eine Antwort auf diese Fragen zu geben, indem ich Kriterien des Lebens aufstellte. Es waren sieben an der Zahl. Sie lauteten:

1. Das, was wir außerhalb uns wahrnehmen ist nur insofern als Leben anzuerkennen, als es unserem eigenen Zustand gleicht.
2. Lebende Wesen bewegen sich aus inneren Kräften.
3. Lebende Wesen sind reizbar.
4. Lebende Wesen besitzen eine Einrichtung, durch welche die Bewegungen, die sie auf Reize ausführen, variiert werden können.
5. Lebende Wesen sind anpassungsfähig, d. h. sie verändern sich unter dem Einfluß ihrer Umgebung in dem Sinne, daß ihr Leben erhalten bleibt.
6. Lebende Wesen durchlaufen einen gesetzmäßigen Zyklus von Zuständen, durch den sie in einer bestimmten Reihenfolge umgeformt werden.
7. Lebende Wesen erzeugen sich selber.

¹⁾ J. Gaule, Die Kriterien des Lebens. Nation, IX. Jahrg., No. 8.

Ich ging dabei aus, nicht von der wissenschaftlichen, objektiven Erkenntnis der Gesetze, sondern von der subjektiven Anschauung der Menschen von der Welt und den Dingen. Aus dieser subjektiven Anschauung heraus gestaltet sich zuerst die wissenschaftliche Erkenntnis durch die Erfahrung, durch manche Enttäuschung vermittelt. Die subjektive Anschauung nun sagt dem Menschen zuerst „Das bin ich und ich lebe“. Sie führte dann weiter zu der Entdeckung, daß unter den Dingen, die außerhalb des Ichs sich finden, den „Nichtichs“ auch manche sind, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Ich haben und andere wieder, die diese Ähnlichkeit nicht haben. Inwiefern berechtigt diese Ähnlichkeit zu einer Zusammenfassung in eine Klasse und in **eine Klasse** mit dem Ich? Das war die Frage, die ich mir bei Aufstellung der Kriterien vorlegte. Nun ist eine Abgrenzung der Klasse „lebende Wesen“ nach drei Richtungen notwendig. Erstens muß das lebende Wesen unterschieden werden von dem toten, von der Leiche. Alle anatomischen, alle histologischen Einrichtungen, alle Formen sind ja bei der Leiche dieselben wie beim Lebenden, worin besteht denn der Unterschied? Dann kann es zu einer Verwechslung der lebenden Wesen, mit seiner Nachbildung, dem Automaten kommen. Wodurch unterscheiden sich die beiden? Endlich handelt es sich darum, die ungeheure Zahl von lebenden Wesen in der Natur zu trennen, von den unbelebten. Was ist da das eigentlich Charakteristische?

Das zweite Kriterium bezieht sich auf den Unterschied von lebendem Organismus und Leiche. Das dritte, vierte und fünfte auf den von dem Automaten. Das sechste und siebente endlich sollen den Bereich der lebenden Wesen abgrenzen gegen das Reich der unbelebten. Sie werden den Vorgang des Lebens in dem Sinne, wie er den Gegenstand dieser Theorie bildet, charakterisieren. Denn um das Leben als reizbar, als eine Einrichtung besitzend, welche die Bewegungen variiert, die auf Reize ausgeführt werden, als anpassungsfähig erkennbar darzustellen, ist eine gewisse Komplikation erforderlich. Und diese Komplikation ist bei den einfachsten Lebensformen noch nicht vorhanden. Wir können freilich unsere Ansprüche auch herabstimmen, wir können es schon als eine Anpassung ansehen, wenn eine Lösung etwas zum zweitenmal besser macht als zum erstenmal. „Sie hat es schon gelernt“, rief

W. Ostwald¹⁾ auf der Hamburger Naturforscherversammlung aus, als er diesen Versuch zeigte. Aber wenn wir unsere Anforderungen an diese Kriterien so herabstimmen, dann sind sie nicht mehr bloß auf lebende, dann sind sie auch auf unbelebte Wesen anwendbar, wie das Beispiel zeigt. Freilich gerade diese Beziehung, die unbelebte Wesen zu belebten zeigen, hat für den, der nach den Ursachen des Lebens sucht, seinen besonderen Reiz, aber der Zweck, das Lebende gegen alles Unbelebte abzugrenzen, wird auf diese Weise nicht erreicht. Nur die beiden letzten Kriterien lassen keine Abschwächung zu und sie erfüllen vollkommen den Zweck, alles Lebende von allem Unbelebten abzutrennen. Man kann sie auch in ein einziges Kriterium zusammenziehen, wie ich das im Jahre 1886²⁾ tat und sagen, das Leben verläuft in einem Zyklus, einem Kreis. Jeder Punkt dieser Kreislinie ist gleichzeitig das Produkt, die Fortsetzung, das Kind des seitherigen Verlaufs der Linie und der Vater des Kommenden. So entspricht dieses Kriterium auch den Worten Claude Bernards „La vie c'est la création et la mort“. Denn wie für den Verlauf des Lebens als Ganzes, so gilt auch für jeden einzelnen Akt desselben, daß es zyklisch ist. Jede Handlung zerstört einen Teil des lebenden Wesens, indem sie seine Materialien verbraucht „c'est la mort“ und in jedem Augenblick wieder bildet sich das lebende Wesen, um gerüstet zu sein für das was ihm im nächsten Augenblick bevorsteht, „c'est la création“. Dieses Kriterium des Zyklus könnte auch denen zu Hilfe kommen, welche sich in neuester Zeit bemühen wie E. von Hartmann einen durchschlagenden Unterschied zwischen Belebtem und Unbelebtem aufzufinden. Gewiß, wir lernen mehr und mehr die Bewegungen, die Formen, ja das Wachstum und die Reizbarkeit der belebten Substanz nachahmen, aber können wir auch Wesen schaffen, deren Dasein wirklich zyklisch verläuft, die sich selbst erzeugen? „Nein.“ Damit ist der Unterschied gegeben.

¹⁾ W. Ostwald, Über Katalyse. Verhandlg. der Ges. d. Naturf. u. Ärzte Hamburg. Leipzig 1901.

²⁾ J. Gaule, Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem des Lebens. Leipzig 1887.

9. Neovitalismus.

Mannigfaltig sind natürlich die Bemühungen gewesen das Leben zu verstehen, über es wenigstens etwas anzusagen. Ich lasse alle diese Theorien unberührt, welche als Erklärung des Lebens angeben, daß es eine besondere, der Erkenntnis sich entziehende Kraft gebe, welche hinter dem Leben stände, die Lebenskraft. Über andere Theorien, wie die Nägeli'sche,¹⁾ welche aussagte, daß das Leben auf eigentümlichen Schwingungen der beteiligten Atome beruhte, ist die Wissenschaft weggeschritten. Denn die kinetische Theorie der Chemie, welche seitdem Eingang gefunden, nimmt an, daß eigentümliche Schwingungen der chemischen Natur jedes Atoms entsprechen, also nicht eine Besonderheit des Lebens sind. Dagegen hat mich von allen Theorien des Lebens am meisten angezogen die neueste oder eine der neuesten die von Reinke. Und zwar nicht bloß deshalb, weil sie eine der am gründlichsten durcharbeiteten ist, sondern vor allem weil ich im Widerspruch gegen sie am schnellsten klar machen kann, worauf es bei meiner Vorstellungsweise hauptsächlich ankommt.

Ich gehe dabei aus von der Formulierung der Theorie des Lebens, welche Reinke²⁾ auf der Hamburger Naturforscherversammlung in dem Vortrag unter dem Titel „Über die in den Organismen wirksamen Kräfte“ seiner Theorie gegeben hat. Ziegler,³⁾ der auf dieser Versammlung gleichfalls einen Vortrag hielt, bezeichnete darin Reinke als das Haupt der Neovitalisten und sah in seinem Vortrag die Zusammenfassung der von dieser Schule gehegten und ausgebildeten Vorstellung von dem Leben. Reinke teilt alle in den lebenden Wesen vorhandenen Kräfte in zwei Klassen, die Energien und die Dominanten. Die ersteren sind die dienenden, die anderen die herrschenden Klassen. Die ersteren sind, uns Physiologen namentlich, wohlbekannt. Sie gehorchen dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, sie lassen sich nach Kalorien messen, sie sind es, über welche wir Physiologen die Kraftbilanz des Organis-

¹⁾ Nägeli, Theorie der Gärung. München, Akad. Abhdlgn. 13, 1880.

²⁾ Reinke, Über die in den Organismen wirksamen Kräfte. Verhandlgn. d. Naturf. u. Ärzte. Hamburg 1901.

³⁾ Ziegler, Über den heutigen Stand der Deszendenzlehre. Verhandlgn. d. Naturf. u. Ärzte. Hamburg 1901.

mus aufgestellt hatten. Anders ist es mit den Dominanten, sie sind die herrschenden, den Energien überlegenen Kräfte. Sie gehorchen nicht dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, überhaupt nicht bekannten Naturgesetzen. Was sind sie denn? Der Begriff ist hergenommen von der Maschine. Der Erbauer der Maschine folgt einer Idee bei dieser Erbauung, der Idee einer gewissen Arbeitsleistung seitens der Maschine.

Die Maschine wird so gebaut, daß sie eine gewisse Arbeit leisten kann während dem, was wir ihr Leben nennen wollen. Diese Idee ist die Dominante der Maschine. Lebende Wesen sind nach Cartesius auch Maschinen. Sie leisten eine gewisse Arbeit, das sind die Energien, die sie entwickeln. Aber bei ihrer Bildung präsidieren die Dominanten, die Ideen, die ihr Erbauer, ihr Schöpfer in sie hineingelegt hat. Daß diese Dominanten etwas ganz anderes sind als die Energien, leuchtet für den, der das Leben vom rein menschlichen Standpunkt betrachtet, ohne weiteres ein. Es ist doch ein Unterschied zwischen der Kraft der Verwandtschaft von Kohlenstoff und Sauerstoff, die als Energie die Maschine treibt und der geistigen Kraft des Ingenieurs, welcher die Maschine baut. Vom rein menschlichen Standpunkt? Ja gibt es denn einen anderen für uns als den rein menschlichen Standpunkt? Ja es gibt einen anderen — den wissenschaftlichen. Vom rein menschlichen Standpunkte aus nehmen wir an, daß in der Welt alles so vor sich gehe, wie wir es machen würden mit unseren menschlichen Kräften, Gehirnen und Händen, Nerven und Muskeln. Wir sehen die lebenden Wesen an als Maschinen, weil wir Maschinen bauen, wir sehen hinter diesen Maschinen einen Ingenieur, der seine Dominanten in sie hineinlegt, weil wir so verfahren. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus machen wir keine solche Voraussetzungen. Wir suchen nicht das, was in der Welt ist, zu erklären durch das, was der Mensch macht, sondern umgekehrt, das, was der Mensch macht, durch das, was in der Welt ist. Daß wir Maschinen bauen, erscheint uns nicht als Erklärung geeignet für die lebenden Wesen, die in der Welt existieren, sondern umgekehrt, die Tatsache des Bauens von Maschinen ist das, was als Gipfel einer Theorie des Lebens erscheint. Es ist die höchste Leistung der lebenden Wesen, und nicht beim kompliziertesten fängt die Wissenschaft an sondern beim einfachsten. Sie geht den umgekehrten Weg, den man vom

rein menschlichen Standpunkt ausgehen würde und den wir bei der Betrachtung dieser Dinge in der Regel gehen, seither immer gegangen sind.

Aber muß denn nicht Reinke recht haben, ist es denn überhaupt anders möglich, als daß die Dominanten und die Energien verschiedene Arten von Kräfte sind? Wie kann man sich den Bau der lebenden Wesen, ihre wundervolle zweckmäßige Einrichtung, in eine Kategorie bringen mit der Kraft, die etwa eine Maschine leistet, und die wir als Pferdekraft messen? Ja gleich sind die beiden freilich nicht, aber ob sie nicht beide in die Reihe der unter den uns bekannten Naturgesetzen stehenden Vorgänge fallen, ist eine andere Frage — eine Frage, die uns jetzt beschäftigt. Aus ihr wird sich der ganze Unterschied zwischen Reinkes und meiner Auffassung deutlich ergeben. Es ist nicht schwer zu erkennen, wo die Übereinstimmung zwischen uns beiden liegt. Die Dominanten Reinkes bestimmen die Einrichtungen des Körpers. Wie nach dem Beispiel, welches ich um sie zu veranschaulichen anführte, die Dominanten, welche der Ingenieur aussinnt, das Gerüst, die Apparate der Maschine beherrschen, so die Dominanten der lebenden Wesen den Bau des Körpers. Und das entspricht dem, was ich früher als die Formen bezeichnet habe. Reinke sieht, wie ich, eine Eigentümlichkeit der lebenden Wesen in dem Nebeneinanderbestehen der Dominanten und Energien, der Formen und der Kräfte. Aber was uns unterscheidet, ist das Folgende. Reinke hält die Dominanten und die Energien als etwas ganz Unversöhnliches auseinander. Die letzteren gehorchen dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, sie entsprechen den Vorgängen in der Natur, welche wir wissenschaftlich ergründen, die ersteren nicht. Daher die Bezeichnung seiner Theorie als vitalistische, er stellt das was die lebenden Wesen charakterisiert auf einen besonderen wissenschaftlich nicht zu erforschenden Boden. Und weil die vitalistische Erklärung der lebenden Wesen ohne alle Angabe des Grundes, warum sie unerklärbar seien, schon da war, heißt sie neovitalistische. Ich dagegen sehe nur einen solchen Grund. Dieser Grund liegt darin, daß es nicht gleichgültig ist, **wie** die materiellen Teilchen im **Raume** gruppiert sind und daß aus dieser Gruppierung, aus der räumlichen Anordnung sich besondere Kräfte ergeben. Soll ich meine Theorie im Gegensatz zu der Reinkeschen die materialistische nennen? Ich

glaube, das wäre nicht richtig. Unter Materie hat man die stofflichen Teilchen im Raume verstanden. Auf ihre Wirkung allein aber kommt es für die Erklärung der lebenden Wesen nicht an, sondern auf ihre Gruppierung, ihre Lagebeziehung im Raum, ihre Form. Das aber ist nicht materialistisch. Ebenso wenig möchte mechanistisch die richtige Bezeichnung sein. Denn aus einem Bestreben, die Resultate der Mechaniker mit denen der Morphologen zu versöhnen, ist die Theorie hervorgegangen. Am ehesten erscheint mir noch die Bezeichnung *monistisch* zutreffend. Und zwar sowohl in dem alten Sinne, wo monistisch die Vereinigung von Materie und Idee bedeuten sollte, wie in dem modernen, wo es die Vereinigung von Kraft und von Form ausspricht.

Wie weit die beiden voneinander entfernt sind, übersehen wir am besten, wenn wir einen Moment lang den Reinkeschen neovitalistischen Standpunkt dem alten und mittelalterlichen gegenüberstellen. Nach Hippokrates schöner Vorstellung entfloß mit dem letzten Atemzug die belebende Seele dem Menschen. Der „*λογος*“ kehrte zu dem alles umfassenden Welt *λογος* zurück. Das ganze Mittelalter hat im Grunde an dieser Anschauung festgehalten. Ein verkleinertes Etwas, was dem Menschen gleicht, was weiß oder schwarz ist, je nach der moralischen Würdigung, die es erfährt, entringt sich dem Munde des Sterbenden auf den Bildern mittelalterlicher Maler. Und die Teufel oder die Engel erfassen es. Die Seele geht in den Himmel oder in die Hölle. Der Körper bleibt leblos zurück. Nach Reinke aber würde der *Körper* ja die Dominanten enthalten, das eigentlich Übersinnliche, das Lebendigmachende, das Leben Charakterisierende. Sie würden tot zurückbleiben. Entfliehen würde die Energie, das Sinnliche, dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, den Naturgesetzen folgende. Das ist das, was nach unseren Begriffen das Sterbliche ist. Was aber sagt hier die Kritik der Erfahrung vom Leben? Sie sagt, der Tod löst das Band, das Kraft und Form verbindet. Nicht mehr wird in dem Toten die Kraft aus der Form sich entwickeln, nicht mehr wird die Form die Kraft aufspeichern. Und jener Dualismus, der in der Vorstellung von Leib und Seele seinen prägnantesten Ausdruck gefunden, wird durch diese Kritik aufgelöst. Der sichtbare Leib enthält nach ihm die Formen, er wird aber belebt durch die Seele, kenntlich durch die Kräfte, die sie aus dem Körper ent-

wickelt. Diese Kräfte sind nicht bloß die Produkte des Körpers, sie sind auch die Ursachen der Formen, denn ohne die Seele würde der Körper nicht entstehen, nicht wachsen, sich nicht ausbilden. Indem die Kritik der Erfahrung vom Leben das Band, welches Kraft und Form verbindet, als das das Leben Bestimmende feststellt, ruft sie die monistische Auffassung an Stelle der dualistischen zur Ablösung.

10. Der Typus des Lebens.

Fassen wir die Kriterien des Lebens zusammen, so sehen wir daß, was lebt, dadurch charakterisiert wird 1. daß es den Kräften der Außenwelt gegenüber nicht unverändert bleibt; 2. daß seine inneren Kräfte in ihm einen Zyklus durchlaufen, durch den es, dem Stoff wie der Kraft nach, immer wieder erneuert wird. Die Theorien des Lebens, wenn wir sie kritisch betrachten, dagegen sagen uns, daß das eigentlich zu Erklärende, das Geheimnisvolle eine Verbindung von Form und Kräften sei und daß wiederum diese Verbindung von Form und Kräften gegeben sei, wo es sich um die Beziehung einer Gruppierung der Moleküle zu der Gruppierung der Atome innerhalb eines Moleküles handle. Wir haben es bereits abgelehnt, daß eine solche Beziehung beschaffen sein könne wie diejenige in den Kristallen, denn dann wäre sie fest und unabänderlich und das schloße die Einwirkung der äußeren Kräfte, wie den inneren Zyklus aus. Denn diese beide bedingen einen Wechsel, der ja auch zum Leben gehört. Nun hat man sich mit dem Gedanken bereits im 6. Kapitel vertraut gemacht, daß die kolloiden Körper eine solche Molekulargruppierung aufweisen, während sie doch im Wasser suspendiert sind und also eine relativ große Verschiebbarkeit ihrer Teile besitzen. Lebende Wesen bestehen nun aus Kolloiden und sie sind in einer bemerkenswerten Weise durchsetzt mit Wasser, welches in fast allen ihren Teilen die feste Substanz überwiegt. Wie sehr das schon den älteren Beobachtern aufgefallen war, zeigt eine Anekdote, die C. E. v. Bär in seiner Autobiographie erzählt. Er sagt, ich passierte das damalige Examen, trotz der Frage des Anatomen, über die in der Regel meine Studiengenossen stolperten. Diese Frage lautete „Wieviel und welche Aggregatzustände gibt es?“ Und wenn die jungen

Mediziner nun entsprechend dem, was sie in Physik und Chemie gelernt hatten, antworteten, drei, den gasförmigen, flüssigen und festen, so lautete es auf seiten des Examinators „Falsch, es gibt noch einen vierten, den festweichen, den der lebenden Wesen“. Oft habe ich gedacht es steckt in dieser vielverachteten Meinung des Examinators ein Körnchen Wahrheit. Dieser kolloidale Zustand der lebenden Wesen ist in der Tat etwas Besonderes, nur wußte man damals noch gar nichts davon und jetzt beginnen uns erst die Augen aufzugehen. In dieser Molekulargruppierung, die so leicht beweglich in dem Wasser suspendiert ist, muß die Vereinigung von Form und Kräften gegeben sein, die wir suchen, und das Wasser durchdringt eben die lebenden Wesen, um sie so leicht beweglich und verschiebbar zu machen. Durchdringt es bloß zu diesem Zweck die lebenden Wesen? Das wollen wir erst im Verlauf dieses Buches näher studieren. Vorerst sehen wir uns nach der Form um, die allem Leben, also allen lebenden Wesen als Einheit zugrunde liegt. Klein muß diese Form sein, denn klein sind ja auch die kleinsten lebenden Wesen, die Mikroben, und in ihnen müssen wir diese Form so gut antreffen wie in den höchsten. Aber wir können auch tief herabsteigen, tiefer als unsere Sinne uns begleiten können und wir treffen immer noch jene eigentümliche Molekulargruppierung, welche die Eigenschaften, die das Leben auszeichnen, besitzen. Diejenigen, welche in den kolloiden Metallen vorhanden sind, erscheinen unsichtbar, aber sie verraten ihre Anwesenheit durch die Farbe, die sie der Flüssigkeit erteilen, in der sie suspendiert sind. Andere kolloide Partikel verraten sich durch das Tyndallsche Phänomen, das sie erzeugen, andere steigen bis zur Sichtbarkeit in Größe hinauf. Aber auch die kleinsten schon unsichtbaren, eben jene Partikel des kolloidalen Platin, verraten ihre Beziehung zum Leben, durch die Fähigkeit als Fermente zu wirken, die ihnen anhaftet. Und als Fermente wirken, das können im allgemeinen nur die lebenden Wesen und das was sie gebildet haben, ihre Eigentümlichkeit ist es, ihre Umsetzungen durch Fermente zu bewirken. So dachte man bis vor kurzem, als uns auf einmal das kolloidale Platin belehrte, daß es auch Fermente in der anorganischen Natur geben konnte. Was für eine Ähnlichkeit besteht zwischen ihm und den lebenden Wesen, als daß sie beide die kolloidale Ordnung ihrer Moleküle haben, müssen wir also nicht diese

für die Ursache der fermentativen Wirksamkeit halten? Und dürfen wir diese Gruppierung nicht nach dem Gesagten als die Form ansehen, die die Ursache des Lebens überhaupt ist? Aber hat diese Form noch ein großes Interesse für uns? Je tiefer wir herabsteigen, um so allgemeiner, d. h. um so weniger charakteristisch ist die Form geworden. Wie von dem Leben alle Eigenschaften abfielen, so auch von der Form alle Eigentümlichkeiten. Aber doch wäre man neugierig, diese kleinste schon nicht mehr sichtbare Form kennen zu lernen, welcher noch die Fähigkeit anhaftet fermentativ zu wirken, wenn nicht ein neues Bedenken auftauchte. Die Kriterien des Lebens haben ja festgestellt, daß es zum Wesen des Lebens gehört, einen Zyklus zu durchlaufen. Einen Zyklus der Kräfte zunächst, aber Kräfte und Formen sind im Leben verbunden und so muß es auch einen Zyklus der Formen geben. Es gibt also keine Lebensform, welche allein oder vorzugsweise möglich ist, es gibt deren viele und das was sie untereinander verbindet, das Gesetz das ihre Umwandlungen beherrscht, das diesen Zyklus bedingt, das ist das für das Leben charakteristische. Jenes kolloidale Platin gehorcht einem solchen Gesetz nicht, es macht nicht von sich aus einen Zyklus durch, indem es sich wiedererzeugt, deshalb lebt es auch nicht. Es stellt nur eine der Formen dar, in denen das Leben sich offenbart, aber diese Form ist herausgerissen aus dem Zyklus, an ihrer Entstehung haben Kräfte gearbeitet, die nicht im Platin drin stecken. Darum ist diese Form nicht eine Illustration des Lebenszyklus, sondern sie spiegelt nur eine bestimmte Art, wie das Leben seine Wirkungen ausübt. Sie lehrt uns aber das, wie tief wir auch herabsteigen, bis zur Trennung der Molekülgruppen dürfen wir nicht gehen. Isolierte, echt gelöste Moleküle haben nichts mehr, was dem Leben ähnlich ist. Immer sind es noch Verbindungen von Molekülen, Formen, wenn auch unsichtbare Formen, aber Formen, die in irgendeiner Weise auf unsere Sinnesorgane wirken. Steigen wir nun hinauf zu den wirklichen Lebewesen, zu deren einfachster Art, zu den Mikroben z. B., welche eine bestimmte einfache Umsetzung bewirken, z. B. die Bildung von Milchsäure aus dem Milchzucker, so laufen wir immer Gefahr, daß wir die Form, die sie gerade darbieten, indem sie diese Umwandlung ausführen, für die eigentlich charakteristische, für die einzige ihres Lebens halten. Aber das ist sie vielleicht gar nicht

In einem anderen Momente des Zyklus ihres Lebens, sagen wir einmal als Spore, haben sie eine ganz andere Form und diese ist im Grunde für sie ebenso charakteristisch als jene. Ich will deshalb auch gar nicht von der Grundform des Lebens reden, es muß deren mehrere geben. Aber ich will von dem reden, was alle diese Formen vereinigt, von dem Gesetz, das ihrer Umwandlung zugrunde liegt, das ist nach unserer allgemeinen Bezeichnungsweise der Typus des Lebens.

Indessen wenn wir so in der Reihe der Lebewesen in die Höhe steigen, uns immer nach dem Typus umsehend, so begegnen wir auf einmal etwas Neuem. Und dieses Neue zeichnet sich durch eine unerwartete Beständigkeit aus. Man erwartet bei dem Wege in die Höhe hinauf immer zahlreichere Assoziationen des Grundtypus zu finden. Und wie die Einheit eine Variation zeigt, so müßte es auch die Summe tun. Das Neue, was in unserem Gesichtskreis auftaucht, aber zeigt diese zyklische Variation nicht. Es ist die Zelle, von der ich sprechen will. Sie hat eine große Bedeutung gewonnen, für unsere Betrachtung des Lebens überhaupt, denn sie ist das Element, welches wir in allen höheren, d. h. in allen komplizierten Lebewesen antreffen. Und sie ist das ständige Element, denn wenn wir auch in der Zelle im Laufe des Lebens gewisse Veränderungen wahrnehmen, die wesentlichen Züge der Erscheinung der Zelle bleiben bei den meisten von ihnen immer dieselben, sie behalten z. B. immer Protoplasma, Kerne, Kernkörperchen. Verbietet es nicht diese Beständigkeit, sie als ein Glied der bei den Mikroben beginnenden aufsteigenden Reihe von Lebewesen einzureihen? Zeigt sie nicht, daß es sich hier um etwas anderes handeln muß als das Gesetz des Zyklus, das wir bei den niederen Lebewesen antreffen? Und die Zelle hat ja doch, wie wir schon bei der Zellenlehre erfahren, ihren bestimmenden Charakter für alle komplizierteren Organismen. Eben weil sie aus solchen beständigen Zellen zusammengesetzt sind, sind diese höheren Wesen selbst so beständig. Wir erwarten nicht, daß ein Mensch Bazillus oder Spore wird, oder daß er abwechselnd geschlechtliche und ungeschlechtliche Generationen hat. Alledem widersteht die Beständigkeit der Zellen, aus denen er von seiner Geburt oder doch von der Vollendung seines Wachstums an zusammengesetzt ist. Noch höher aber steigt die Beständigkeit mit der Zentralisation der Zellen im

Organismus. Noch üben die äußeren Kräfte auch auf die zelligen Wesen ihren umwandelnden Einfluß aus, die Raupe wird zur Puppe, die Puppe zum Schmetterling. Der zentralisierte Mensch widersteht. Aber doch wissen wir, ob er jung ist oder alt, macht für ihn, für seine Zellen einen gewissen Unterschied aus. Etwas ist gleich dem früher betrachteten Zyklus, aber dieses Etwas macht sich nur in geringem Grade geltend. Warum? Woher dieser plötzliche Sprung? Und warum wird mit einem Male die Zelle das Element der Organismen, der Träger der höheren Lebenserscheinungen? Wir stehen damit im Beginn unserer eigentlichen Aufgabe.

II. Abschnitt.

Historisches.

I. Dem Andenken C. Ludwigs gewidmet.

Im vorigen Abschnitt habe ich die Gründe auseinandergesetzt, welche zu einer Kritik der Erfahrung vom Leben führten. Wenn man eine solche Kritik anzulegen beginnt, so erscheinen die einfachsten Formen des lebenden Wesens, diejenigen Lebensläufe, welche die geringste Verwicklung darbieten, als die geeignetsten. Wie aber kam ich dazu, an die kompliziertesten Phänomene, an das Leben der Wirbeltiere, an das der Menschen mich zu wagen? Und was lernte ich dabei Neues? Darüber will ich jetzt in dem Abschnitt, der Historisches betitelt ist, berichten. Ich bin dabei genötigt, an einem willkürlich zu wählenden Punkte zu beginnen, wenn ich nicht in endlose Fernen hineintauchen will. Es sei der Punkt, der auch für mein Denken der maßgebende geworden ist, nämlich die Berührung mit C. Ludwig. Wohl möchte ich dem Leser wie mir ersparen von Persönlichkeiten zu sprechen, aber ich kann die ganze Bedeutung C. Ludwigs nicht besser schildern, als indem ich den Eindruck wiedergebe, den er auf mich machte. Und die Bedeutung C. Ludwigs charakterisiert wieder die Entwicklung, welche die Physiologie im abgelaufenen Jahrhundert gewonnen hat, die Rolle, welche sie in dem Denken der Menschheit spielte. Der Enthusiasmus, mit dem ich Ludwigs Schüler wurde, war ein außergewöhnlich großer. Man kann ja, wenn man als junger Mann einen Beruf ergreift, von diesem Beruf begeistert sein, das ist nichts Seltenes. Man hofft, daß dieser Beruf nicht nur einem selbst Glück bringe, sondern daß er auch das Mittel sei, um den Mitmenschen Gutes zu

bringen. Ich aber erwartete mehr. Die Politik, die Ethik, die Lösung der künstlerischen wie der sozialen Fragen schien mir in dem einen Punkte, in der Kenntnis des Lebens konzentriert. Erst wenn wir wüßten, was das Leben eigentlich sei, könnten wir verstehen, was wir Menschen selbst wollten und sollten. Erst dann würde es uns klar, weshalb und wozu wir Gesellschaften und Staaten bildeten; erst dann könnten wir die Regeln ableiten, welche innerhalb dieser Gesellschaften und Staaten herrschen müßten; erst dann könnten wir uns ein Ideal von dem Menschen bilden, welcher der Zielpunkt der Kunst und der Literatur werden müsse.

Die Physiologie aber war auf dem Wege, das Wesen des Lebens zu erkennen, oder sie hatte es schon erkannt. Ich verstand es oder glaubte es zu verstehen, warum Aristoteles im Besitz des gesamten Wissens, welches die Menschheit sich bis zu ihm erworben, sich *ὁ φυσικός* genannt. Was konnte es überhaupt Höheres geben als die Physiologie, die Kenntnis von dem Geheimnis der Geheimnisse, dem Schlüssel zu dem Verständnis der Welt?

In dieser Stimmung, voll dieser Hoffnungen kam ich zu dem Mann, der die Verkörperung eines ähnlichen Enthusiasmus war und der bereits einen langen und erfolgreichen Kampf im Dienste der Physiologie gekämpft hatte.

Es war ein merkwürdiges vierblättriges Kleeblatt, welches um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Erforschung des Lebens auf sein Banner geschrieben hatte und von Erfolg zu Erfolg fortgeschritten war. Helmholtz, Du Bois-Reymond, Brücke und Ludwig hießen sie, und von ihnen war Ludwig der enthusiastischste. Von der Hoffnungsfreudigkeit, die er in seiner Jugend gehabt, erzählte man Wunderdinge, und auch jetzt noch manchmal, wenn ich mit ihm sprach, blitzte plötzlich in einer mich ergreifenden und verblüffenden Weise, diese Hoffnungsfreudigkeit wieder auf. Aber im großen und ganzen war es doch eine ernüchternde Atmosphäre, die in dem Leipziger Physiologischen Laboratorium herrschte. Mit bezaubernder Liebenswürdigkeit zwar machte Ludwig die Honeurs desselben, als seien wir nicht bloß seine Schüler, sondern die Gäste des Instituts. Vor allem aber war es die Kenntnis von der Entwicklung der Physiologie, von der Ermutigung und von den Schwierigkeiten, die er erfahren, die uns seine Mitteilungen so wertvoll machten. Wie seine Freunde und er auf ihr Banner ge-

schrieben, das Leben ist erklärbar, wie sie einen Mechanismus nach dem anderen dem Dunkel entrissen, wie sie den Blutdruck, die elektrischen Ströme der Muskeln und Nerven, die Sekretion, die physiologische Optik, die Akkomodation, die Reaktions- und Reflexzeit messen gelehrt und eine physikalische Erklärung dafür gefunden, das alles, was wir aus der Literatur schon wußten, rückte uns nun näher, verbunden mit all dem Hoffen und Empfinden, das sich daran geknüpft hatte. Wir sahen alle die Schwierigkeiten, die sich der Beantwortung dieser Fragen entgegenstellten, wir sahen all die Unklarheiten, aus der sich die Fragestellung allmählich abgeklärt hatte. Wir sahen den ganzen Zustand der Physiologie vor und nach der Beantwortung dieser Fragen, wir sahen zum Teil die originalen Apparate und verglichen damit die technischen Fortschritte, die man seitdem in der Konstruktion dieser Apparate gemacht hatte. Wie viel leichter konnten wir arbeiten, wie viel bequemer und auch wie viel tiefer konnten wir eindringen in die Geheimnisse des lebenden Organismus, als es Ludwig gekonnt. Wir lernten von ihm die Methodik, sein Auge, seine Erfahrung, sein Gehirn, das so viele Fortschritte schon ausgedacht, leitete uns; sollte es uns da nicht gelingen, auf dieser Bahn weiterzuschreiten und dem Leben, das sich immer wieder verschleierte, diesen Schleier zu entreißen. Sollte es nicht unserer Generation beschieden sein, was die vergangene vergebens gehofft, vorzudringen zu den innersten Geheimnissen des Lebens und den Satz „Das Leben ist erkennbar“ zur Wahrheit zu machen? Indessen etwas lähmte uns da. Es war wie ein eisiger Hauch, der uns manchmal entgegenwehte, wenn wir mit einem Mann aus einem anderen Laboratorium oder einer anderen Fakultät uns unterhielten und dieser seine Ansicht über unsere Hoffnungsfreudigkeit schließlich in dem Satz zusammenfaßte „Ludwig ist doch nur ein Schulmeister“. Anfangs konnte ich das gar nicht begreifen. Darauf, daß man unser Wollen, unser Hoffen bespötteln würde, war ich schließlich gefaßt. Es bot ja dazu Handhabe genug. Aber daß man das Wirken unseres Meisters unter einem so niedrigen, so absprechenden Gesichtspunkte auffassen konnte, erschien mir nicht verständlich. Die ganze Fülle von Geist, mit der er die Entwicklungsgeschichte der Physiologie durchdrang, der Eifer, den er einzuflößen verstand, schienen ihn ja von dem bloßen Schulmeister so weit wie möglich

zu entfernen. Von all dem Vertiefen in die Probleme des Lebens, das man bei Ludwig lernte, sollte nichts übrig bleiben, als die Überlieferung der Methodik? — Das konnte nicht sein, das war bloßer Haß. Aber warum hatte der Haß so viele verschiedene Menschen ergriffen, Menschen, die weder mit Ludwig noch unter sich in persönliche Berührung kamen? Allmählich lernte ich verstehen, wie diese Kreise zu einer solchen Meinung kamen. Es wehte in ihnen ein anderer Wind als in Ludwigs Laboratorium und dieser Wind, der zu Ludwigs Blütezeit nur ein leises Lüftchen gewesen war, hatte sich jetzt zu einer Art Sturm gesteigert, der eine minder kräftige Eiche als Ludwig selbst war, umgeblasen hätte. Ich lernte die ganze Differenz, die sich zwischen Ludwig und den anderen Vertretern der Wissenschaft vom Leben erhoben, kennen als ich mich mit ihm über die vergleichende Anatomie unterhielt. Er hatte für dieselbe gar keinen Sinn. Wenn Sie zwei Stockwerke eines Hauses haben, fragte er mich, und in dem einen Stockwerk wohnt ein Schneider und in dem anderen ein Mechaniker, warum soll auf einer Nähmaschine und einer Drehbank die gleiche Arbeit geleistet werden, bloß weil dieselben in der gleichen Ecke des Gebäudes stehen? Ich war jünger, ich hatte zu meinen Lehrern Gegenbaur gezählt, und mir schienen die Forschungen der vergleichenden Anatomie doch nicht mit einer solchen Beziehung auf die menschlichen Verhältnisse abzuweisen. Es mochte doch gerade in den Organen und den Zellen etwas darin stecken, was ihre Tätigkeit von ihrer Lage abhängig machte und sie mochten gerade dadurch von den Maschinen sich unterscheiden. Die Befunde der vergleichenden Anatomie waren doch zu mannigfaltig, zu gut bezeugt, zu gut geordnet, als daß ich nicht der Lage einen besonderen Einfluß zugeschrieben hatte. Nicht so Ludwig. Ihm waren die Organe, die Zellen bloß Apparate, die bestimmte Funktionen ausübten. Das eigentliche Handelnde war der Organismus, die Apparate wurden von ihm gerade da aufgestellt, wo er sie am zweckmäßigsten verwenden konnte. So hatte er die Niere¹⁾ und ihre Struktur erforscht und seine Befunde in einer geradezu genialen Weise verwertet, um die Harnsekretion zu erklären. Da begegnete ihm der Widerspruch im eigenen Lager der Physiologen. Heiden-

¹⁾ Ludwig, C., Stricker's Gewebelehre, Art. Niere.

hain¹⁾ stellte seiner physikalischen Sekretionstheorie eine physiologische entgegen, wonach nicht die Verhältnisse des Blutdrucks und die Filtrationsfähigkeit von Membranen, sondern eigentümliche Zellkräfte die Absonderung des Harns bewirkten. Und es sollte noch schlimmer kommen. Für Ludwig lag entsprechend seiner Auffassung von der Einheit des handelnden Organismus das Zentrum des Lebens in der den Körper durchdringenden und ihn vereinigenden Flüssigkeit, dem Blute. Für ihn galt der Satz „*corpora non agunt nisi soluta*“. Die Lösungsstätte aller für die Tätigkeit des Organismus in Betracht kommenden Körper mußten das Blut oder die mit demselben sich wieder vereinigende, aus ihm stammende Lymphe sein. Da gelöst, entfalteten sich ihre Kräfte durch chemische Umsetzungen, vor allem durch Oxydationen, und diese Kräfte ebenso wie die Produkte der Umsetzung werden aus dem Blute oder der Lymphe wieder entwickelt. Nun lehrte die Beobachtung, daß die Kraftentwicklung weder dem Orte noch der Zeit nach eine gleichmäßige sei. Weder war sie in den verschiedenen Organen dieselbe, obgleich doch alle von demselben Blute durchströmt waren, noch war sie in demselben Organe immer dieselbe. War das eine Mal das Organ verschieden aber das Blut gleich, so war das andere Mal das Organ gleich aber das Blut verschieden. Um dies zu erklären, schlug Ludwig einen Mittelweg ein. Es ist die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes, welche für die Kraftentwicklung maßgebend ist. Nicht durch alle Organe strömt das Blut gleich geschwind, dafür sorgen schon die verschiedenen Widerstände, welche das Blut auf seinem Wege findet. Es kommt ja, wenn man von Strömungsgeschwindigkeit des Blutes spricht, nicht bloß die Geschwindigkeit in den Arterien in Betracht. Diese kam von dem Herzen in einer für den ganzen Organismus einheitlichen Weise beeinflußt werden, aber die Geschwindigkeit in den Kapillaren, in den Venen, die ist von ganz anderen Bedingungen abhängig. Andererseits ist in demselben Organ der Widerstand nicht immer derselbe, dafür sorgen die Gefäßnerven. Und deren Tätigkeit steht in Zusammenhang mit der Funktion des Organs, wie sich am anschaulichsten zeigte bei den Muskeln, deren sich Ludwig um den Zusammenhang zwischen Stromgeschwindigkeit und Kraft-

¹⁾ Heidenhain, R., *Physiol. d. Absonderungsvorgänge*. Heilmann's Handbuch d. *Physiol.* V.

entwicklung zu zeigen, gerne bediente. Hier nun setzte die Kritik Pflüger's¹⁾ ein. Sie entrollt den Wechsel der Ansichten und Kenntnisse, der sich seitdem vollzogen und sie bedeutet den Anfang eines neuen Stadiums der Physiologie. Ich werde erst im nächsten Abschnitt dieses neue Stadium schildern. Aber ich werde es nicht schildern können, ohne eine gewisse Vorstellung zu erwecken von dem Jammer, der mich und wohl noch manche andere Physiologen in diesem neuen Stadium befiel. Der Vitalismus erhob sein Haupt in ihm. Und da erscheint die Frage, mit der ich dieses Kapitel verlasse, nicht unberechtigt. Hatte Ludwig mit seiner Auffassung von der Erkennbarkeit des Lebens so völlig unrecht, war der Enthusiasmus, der ihn beseelte und den er einflößte so ganz grundlos? Hatte er nicht vielmehr das Ziel zu nahe geglaubt, die Verhältnisse einfacher, leichter überschaubar wie sie wirklich waren? Für mich ist diese Epoche die Leuchte gewesen, an der ich mich immer wieder aufrichtete, wenn mein Mut sank. So wie Ludwig dachte, geht es nicht, sagte ich mir, aber daraus folgt nicht, daß er Unrecht hatte zu denken, es gehe überhaupt.

2. Pflüger, Virchow, Pasteur, Du Bois Reymond.

Nicht im Blute vollziehen sich die Oxydationen, sagte Pflüger. Wenn das der Fall wäre, müßte sich ja auch der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes ändern, d. h. es müßte in ihm schon der gasförmige, locker an Hämoglobin gebundene Sauerstoff in feste Bindung mit Kohlenstoff und Wasserstoff übergehen. Schon vorher hatte er in einer Untersuchung²⁾ die gegen die Schüler Lavoisier's und Regnault et Reiset's, gegen Estor und St. Pierre, gerichtet war, nachgewiesen, daß das nicht der Fall sei. Erst wenn das Blut die Kapillaren passiert hat, wenn es also durch die Gewebe hindurchgetreten ist, hat es seinen freien Sauerstoff verloren. Es sind also

¹⁾ Pflüger, E., Über die physiol. Verbrennung in den lebenden Organismen. Pfl. Arch. 10, 251.

²⁾ Pflüger, E., Über die Geschwindigkeit der Oxydationsprozesse im art. Blutstrom. Pfl. Arch. 1, 274.

die Gewebe, welche die Oxydationen bewirken, folgerte er.¹⁾ Nun wandte er sich gegen Ludwig's Annahme, daß auf der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes die Größe der Kraftentwicklung beruhe. Die Geschwindigkeit des Blutes ist ja nur abhängig von der Tätigkeit des Herzens als aktivem Partner und der Größe der Widerstände als passivem Partner. Wo es sich um die Kraftentwicklung handelt, käme aber nur der aktive Partner in Betracht. Es wäre also wieder ein Gewebe, das des Herzens, welches die Kraftentwicklung veranlaßte und ihr Schauplatz wäre. Abgesehen davon ist aber diese Kraftentwicklung auch gar nicht so groß, um zur Erklärung der Veränderung der Kraftentwicklung im ganzen Organismus zu genügen, die von der Veränderung der Stromgeschwindigkeit abhängt. Mißt man die Kraftentwicklung durch die ihr zugrunde liegenden Oxydationen, so kann man leicht sehen, daß die Stromgeschwindigkeit nur dann ihren Einfluß ausübt, wenn sie durch die Kapillaren und die Gewebe hindurchgeht. Es ist also die vermehrte Berührung des Blutes mit den Geweben, welches die vermehrte Kraftentwicklung herbeiführt. Es ist ferner nicht gleichgültig, durch welches Gewebe man das Blut hindurchströmen läßt. Das Blut bleibt dasselbe, aber die Gewebe sind verschiedene, und je nach ihrer Natur hat man einen verschiedenen Betrag der Kraftentwicklung oder der Oxydationen. Die Gewebe sind also das eigentlich Bestimmende für die Oxydationen. Das Blut ist nicht die Herrin, es ist bloß die Dienerin, welches den Geweben das Material für ihre Oxydationen zuführt. Das Material ist zweierlei, einerseits die kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Verbindungen, welche gelöst in der Flüssigkeit aus dem Blut in die Gewebe gelangen. Andererseits ist es der gasförmige Sauerstoff, welcher vermöge der seinem Aggregatzustande eigentümlichen Bewegung seiner Moleküle die Wandungen der Blutgefäße durchdringt und in die Gewebe hineincilt. In den Geweben erst vollzieht sich vermöge eines der Natur dieser Gewebe entsprechenden Aktes die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff die Oxydation, und damit ist die Quelle der Kraftentwicklung gegeben.

So hatte Pflüger den Ort der Kraftentwicklung aus dem Blut

¹⁾ Pflüger, E., Über die Diffusion des Sauerstoffs, den Ort und die Gesetze der Oxydationsprozesse im Tier-Organismus. Pfl. Arch. 6, 43.

in die Gewebe verlegt. Nicht mehr in den flüssigen, sondern in den festen Teilen des Organismus vollzog sich das eigentliche Leben. Ob nur an den gelösten oder auch an den festen Stoffen blieb einstweilen dahingestellt, denn auch die Gewebe, die festen Teile des Organismus sind genügend von Flüssigkeit durchtränkt, um Lösungen herbeiführen zu können.

Aber gleich erhob sich eine andere Reihe von Konsequenzen. Was sind Gewebe? Zellen oder Produkte von Zellen, so lehrten die Histologie und die Entwicklungsgeschichte. In Zellen also vollzieht sich die Kraftentwicklung, sie sind der Sitz des eigentlichen Lebens, das war der jetzige Stand der Physiologie. Daran schloß sich jetzt die Revolution, welche das Auftreten Virchow's¹⁾ in der Pathologie hervorbrachte. Er opponierte gegen die Krasenlehre, die vor ihm herrschte. Nicht eine eigentümliche Veränderung des Gesamtorganismus, eine Dyskrasie, ist es, welche die Krankheit hervorbringt, sondern eine besondere, lokale Veränderung. Sie ist mit dem Mikroskop zu studieren, sie betrifft die Zellen, welche den Mechanismus aufbauen. So war in diese nicht bloß die Gesundheit, sondern auch die Krankheit verlegt. Aber was das war, die Krankheit, blieb unerklärt. Eine Störung des Lebensvorgangs, so erschien sie. Und dieses Leben erschien um so mehr geheimnisvoll, als eben auch Pasteur²⁾ die scheinbaren Beweise, die man damals für die Urzeugung³⁾ vorbrachte, auf ihre Nichtigkeit zurückführte. Wie ein Ring schien das Leben in sich selbst zurückzufließen.

Vor kurzen hatte auch Pasteur neue Anschauungen von der Rolle des Lebens ausgesprochen. Er hatte mit Liebig eine Polemik gehabt über die Natur der Gärung. Liebig wollte die Entstehung des Alkohols und der Kohlensäure, das Verschwinden des Zuckers aus einem chemischen Prozeß ableiten. Pasteur aber erklärte sie als eine Folge des Lebens der Hefe.⁴⁾ Nur wo er Hefe mikroskopisch nachweisen konnte, gab es Gärung. Ein eigentümlicher Vorgang, gebunden an dieses morphologische Substrat, das seine besondere

1) Virchow, R., Die Zellulärpathologie usw. 1858.

2) Pasteur, L. et Joubert, Sur les germes de bactéries en suspension dans l'atmosphère et dans les eaux. Compt. rendus 84, 206.

3) Charlton-Bastian, Remarks on a new attempt to establish the truth of the germ theory. The Lancet 1876.

4) Pasteur, L., Sur la théorie de la fermentation. Compt. rendus 87, 125.

Struktur hatte, bewirkte das Auftreten dieser chemischen Körper. In diesem morphologischen Etwas mußte sich etwas Besonderes vollziehen, gebunden an diese Struktur und sich durch chemische und physikalische Wirkungen verkündend. Und dieses Besondere konnte nur wieder ins Spiel gesetzt werden von Keimen aus, die selbst wieder von Hefe herstammten. Wo Pasteur die chemischen Materialien zur Gärung beschaffte, aus unbewohnten Gebirgsgegenden, wo auch die Luft keimfrei war, da gab es auch keine Gärung. So bildete sich die uns heute geläufige Lehre aus von der Durchsetzung unserer Erde und ihrer Atmosphäre mit den Lebenskeimen, die ihrer Entwicklung harren. Und diese Keime sind von einer Natur, die sie von allem uns sonst Bekannten unterscheidet. Sie haben eine Beziehung zwischen morphologischer Struktur einerseits und chemischer Umsetzung, physikalischer Kraftentwicklung andererseits, die uns ganz unverständlich ist. Die Bedeutung der Kraftentwicklung des Lebens schien zu steigen, wenigstens unsere Kenntnis von derselben stieg. Aber der Mut der Physiologen fiel. Immer mehr schien unser Erkennen des Lebens auf das rein morphologische Gebiet verlegt, immer weniger schien die Entwicklung der Kräfte des Lebens auf wissenschaftlichem Wege möglich. Einer der ersten Physiologen Du Bois-Reymond gab, wie ich schon im vorigen Abschnitt bemerkte, dem in einem berühmten gewordenen Vortrage in dieser Epoche Ausdruck. Aber er rührte damit noch eine andere Frage an. Wie kann man überhaupt etwas, was außerhalb uns vorgeht, verstehen, fragt er. Wir erhalten ja nur durch unsere Sinnesorgane davon Kenntnis, und deren Nachrichten sind gebunden, wie uns Kant sagte, an gewisse Kategorien oder wie wir durch Helmholtz¹⁾ und die Neukantianer erfahren, an die Einrichtungen der Sinne.

Sind diese auf Grund der sinnlichen Anschauungen gewonnenen Erkenntnisse überhaupt vergleichbar mit dem was unser Gehirn ohne ihre Vermittelung unmittelbar entnimmt den Vorgängen, die sich in ihm vollziehen?

Es lag nahe, daß ein Physiolog diese beiderlei Arten von Fragen aufstellte. Ihm mußte auf dem Suchen nach dem, was dem Leben zugrunde liegt, der Mensch sowohl als Objekt wie als Sub-

¹⁾ Helmholtz, Handbuch der phys. Optik. Leipzig 1867.

jekt entgegentreten. Aber wir wollen den Mensch in letzterer Beziehung ganz der Philosophie überlassen. Nur als Objekt wollen wir ihn und das Leben betrachten. Er soll uns nur verständlich werden, wie die übrigen Naturvorgänge, die uns ja auch nur durch unsere Sinnesorgane bekannt sind. Diese übrigen Naturvorgänge aber beherrschen wir oder wir lernen es allmählich. Wird uns das in bezug auf das Leben auch gelingen, oder ist das Leben ein Vorgang ganz verschiedener Art? Das ist die Frage, die uns beschäftigt.

3. Weitere Durchforschung der lebenden Wesen.

Wenn das wahr wäre, wenn die Wissenschaft vor dem Leben als vor einem unlösbaren Rätsel wirklich umkehren müßte, so würde das die Menschen mehr treffen als Lord Salisbury¹⁾ in seiner Rede vor der British Association in Oxford, wo er diese Worte aussprach, vielleicht annahm. Man könnte sich ja allenfalls mit dem Gedanken vertraut machen, daß unser eigenes Leben uns auch fernerhin ein Rätsel bleibt, wie es seither gewesen, wie es in diesem Augenblicke ist. Aber das Leben außerhalb uns, das durchdringt ja in einer früher ungeahnten Weise die Natur. An die Entdeckung Pasteurs von den Keimen, die in der Luft leben oder in uns unsichtbarer Weise an Dingen haften, mit denen wir in Berührung kommen, und die chemische Umsetzungen bewirken, sobald sie in einen Nährboden kommen, schloß sich die von Lister²⁾ an, daß die Wundkrankheiten, welche die Hospitäler entvölkerten, welche die chirurgischen Operationen zu den gefürchtetsten Todesquellen machten, ihren Ursprung eben dem Leben und Gedeihen solcher fremder Lebewesen in den Wunden verdanken. Diese Keime gelangen aus der Luft in die Wunden, der verletzte Organismus wird zu ihrem Nährboden, das was er bildet und bereitet für die eigene Wiederherstellung wird die Beute der fremden Lebewesen, und er erliegt, indem das was er durch seine übrigen Organe für das Leben gewinnt, nicht mehr ihm selbst, sondern den Fremden

¹⁾ Marquis of Salisbury. On the unsolved riddles of science. President. address. The Lancet 1896, No. 3702.

²⁾ Lister (Sir), Joseph, On the relation of Mikro-Organisms to disease. Quart. Journ. of Mikr. Sc. 21, 1881.

zugute kommt. In der Tötung dieser Feinde, in der Reinigung der Wunden von ihnen oder in der Vermeidung des Hineingelangens solcher Keime in die Wunden, einer Infektion, wie wir zu sagen lernten, bestand jetzt die höchste Aufgabe der Chirurgie. Wir lernten etwas von Sepsis, von Antisepsis und von Asepsis. Es war eine neue Vorstellung der Welt, die sich allmählich einbürgerte. Die Vorstellung einer Welt, in der alles zum Leben drängt, in der ungezählte und unzählige Keime vorhanden sind, bereit das Material, das zur Entfaltung des Lebens dienen kann, an sich zu reißen. Der Kampf ums Dasein, den wir durch Darwin kennen gelernt hatten, gewann einen neuen Sinn. Alles rang in dieser Welt miteinander, alles rang auch mit uns und wir mit ihm. Nur so lang wir unverletzt durch diese Welt schreiten, gedeckt an unserer äußeren Oberfläche durch das verhornende, an unseren inneren Oberflächen durch das schleimige Epithel sind wir sicher, daß nicht das Material unseres Körpers als Nährboden für fremde Lebewesen benützt wird, daß nicht deren Keime sich auf uns, in uns ansiedeln und daß wir nicht einfach deren Diener werden, die sie ernähren, tragen, hegen und schützen. Vervollständigt aber wurde diese Vorstellung durch Robert Koch.¹⁾ Er und seine Schüler entdeckten, daß auch die wichtigsten der inneren Krankheiten darin bestehen, daß der Keim eines fremden Lebewesens in das Innere eines menschlichen Organismus gelangt, daß er in dem dort vorhandenen Material das ihm zusagende aussucht als seinen Nährboden, in dem er sich vermehrt. Er kann dies natürlich nur, nachdem das schützende Epithel der Körperdecken defekt geworden ist. Dann aber liefert ihm der erkrankte Organismus immer neues Material, immer mehr vermehrt sich das fremde Element, immer mehr treten an Stelle der Umsetzungen, der Kraftentwickelungen, welche dem Menschen eigentümlich sind, diejenigen, welche dieses fremde Lebewesen veranlaßt. Seitdem wissen wir, der eigentlich gefährliche Feind des Lebens ist das Lebendige. Immer deutlicher wird es uns, wie auf dieser Erde ein fortwährender Krieg des Lebens gegen das Leben geführt wird. Es ist deutlich, daß es gerade die Eigentümlichkeit des Lebensprozesses ist, welche die fremden Lebenskeime für uns

¹⁾ R. Koch, *Mitteil. a. d. Kais. Gesundheitsamt* 1881 u. ff. *Untersuchungen über Bakterien u. a. a. O.*

so gefährlich macht. Fremde Gewalten anorganischer Natur können uns auch bedrohen, aber wir erkennen leicht den Unterschied gegenüber dem Lebendigen. Dieses überwältigt uns mit ganz unscheinbaren, unbemerkt bleibenden Keimen, und es wächst indem es die Menschen tötet. Jene dagegen erschöpfen sich, indem sie dies tun, oder sie sind so gewaltig, daß wir ihnen ausweichen. Wenn daher unser gesamtes Wissen den Sinn hat uns zu verteidigen, uns zu sichern gegen die unser Dasein bedrohenden Kräfte, so muß es vor allem darauf ausgehen, das Wesen des Lebens zu ergründen. Denn in dem fremden Leben haben wir den mächtigsten Feind unseres eigenen. Nicht bloß der Löwe, der Tiger, die mit überlegener Stärke den Menschen bezwingen, oder die Schlange, die ihn vergiftet, sind unsere Feinde, ihrer könnten wir uns erwehren, ohne das Wesen des Lebens zu kennen. Nein, das unsichtbare Bakterium, der Keim, der die ganze Welt erfüllt, der überall her droht, immer bereit, sein Leben an die Stelle des unseren zu setzen, sie sind es, die uns zwingen, etwas über das Leben zu erfahren. Wir müssen wissen, **wo** in dem großen uns gemeinschaftlichen Lebensprozeß liegen die Bedingungen für uns günstig, für jene ungünstig, **wo** umgekehrt.

Aber ist das Leben dieser mikroskopisch kleinen Lebewesen wirklich das gleiche oder ein ähnliches, wie es in uns pulsiert? Die Wundkrankheiten, die inneren Krankheiten, die das Gedeihen der fremden Lebewesen in unserem Körper zeigen, scheinen das Gegenteil zu erweisen. Wenn diese sich von denselben Stoffen ernähren wie unsere Gewebe, wenn sie sich vermehren unter den Bedingungen, die in unserem Körper herrschen, so müssen sie doch etwas Verwandtes haben. Und mikroskopisch klein sind ja auch die Zellen, die unseren Körper aufbauen. Doch halt, die Formen sind verschieden und wenn, wie wir im vorigen Kapitel gesehen, die Kraftentwicklung von der morphologischen Struktur abhängt, so muß ja dies einen entscheidenden Unterschied bilden. Gewiß, entscheidend für die eigentümliche Funktion, für die Art von Kraftentwicklung, die hier stattfindet. Darunter aber liegt noch etwas anderes, der eigentümliche Lebensprozeß, der in so vielen, so mannigfaltigen Formen sich manifestiert. Nun informiert uns über diese Grundlage eine neue Wissenschaft, die sich in den letzten Dezennien ausgebildet hat, die physiologische Chemie.

Sie betrachtet es als ihre Aufgabe, alle Lebewesen, große wie kleine, zu untersuchen, auf die chemischen Stoffe, die sie enthalten. Diese hat die überraschende Entdeckung gemacht, über die ich schon früher kurz berichtete, daß alle diese Stoffe sich einteilen lassen in fünf Gruppen, Kohlenhydrate, Eiweißkörper, Fette, Salze und Wasser. Ich möchte denselben noch eine sechste Gruppe anfügen, von der man früher annahm, daß sie sich unter die Eiweißkörper einreihen lasse, während dies nach der unterdeß gewonnenen chemischen Einsicht nicht der Fall ist, ich meine die Nucleine. Nur Kohlenhydrate, Eiweißkörper, Nucleine und Fette sind dabei die eigentlichen Kraftquellen, welche den lebenden Wesen zu Gebote stehen, aber Salze und Wasser sind ebenso notwendig für das Leben. Untersuchte nun die physiologische Chemie jene mikroskopisch kleinen Lebewesen, in denen das Mikroskop keine zelluläre Struktur mehr nachweisen konnte, so traf sie dieselben chemischen Stoffe an wie in den größeren Lebewesen. Ja noch mehr, die Kohlenhydrate, die Fette, die Eiweißkörper, so zahlreich ihre Vertreter auch chemisch möglich sind, waren fast immer dieselben in den verschiedensten Lebewesen. Gewisse eigentümliche den Fetten ähnliche Stoffe wie Cholesterin und Lecithin, Stoffe von einer ganz besonderen Art der Zusammensetzung zeigten eine ganz ungeheure Verbreitung unter den Lebewesen. Die Nucleine und ihre Spaltungsprodukte sind überall dieselben. So kommt man zu dem Schlusse, daß chemisch genommen der Lebensprozeß, so ungeheuer verschieden er in seiner äußeren Erscheinung auch verlaufen mag, in den verschiedensten Lebewesen durch eine Umsetzung zwischen den gleichen Stoffen sich abspielt. Sollte ihm nun nicht auch eine morphologische Einheit zugrunde liegen? Wie ich am Schlusse des ersten Abschnittes auseinandersetzte, existiert im Leben eine besonders enge Beziehung zwischen der morphologischen Molekulargruppierung und der chemischen Atomgruppierung. Und wie verhielte sich denn diese morphologische Einheit zu den mannigfaltigen Formen der Lebewesen? Schon können wir sehen, daß sie hinuntersteigen mußte unter die zellulargliederten Wesen bis zu den allereinfachsten Lebewesen. Welche Beziehung hätte sie dann aber zur Zelle?

4. Von der Ausdehnung unserer Kenntnisse über die in den lebenden Wesen wirksamen Kräfte.

Schon J. Sachs¹⁾ hatte eingesehen, daß die Zelle als Einheit des Substrates für die Erklärung der Lebensvorgänge nicht genüge. Es gab Lebewesen, wie die Myxomyceten, in denen das, was man als charakteristisch für die Zellen ansah, nämlich die Zellwände, gar nicht auftrat, die man also als azelluläre bezeichnen mußte. Es gibt andere Lebewesen wie gewisse Algen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, die eine relativ ungeheure Größe erreicht. Und in dieser einzigen Zelle fanden sich eine Menge von Fortpflanzungskörpern, von denen jeder imstande war, die ganze Alge zu reproduzieren. Der Formenreichtum, die Größe, die Art der Fortpflanzung verhielten sich bei einer solchen einzelligen Alge ganz ebenso wie bei den mehrzelligen. Und so kam Sachs zu der Ansicht, daß die trennenden Scheidewände, welche die Alge aus einer einzelligen in eine mehrzellige umwandeln, eigentlich etwas Sekundäres seien. Sie können entstehen oder sie können nicht entstehen, in beiden Fällen ist die Alge eine lebende. Zu dem Wesen des Lebens gehören sie also nicht. Was aber gehört zu dem Wesen des Lebens? Das was nicht fehlen kann, ohne daß das Leben aufhört. Das ist Protoplasma. In ihm sind die Elemente vereinigt, welche die Bildung aller übrigen bedingen, sie sind die eigentlich handelnden, tätigen, und Sachs nannte zusammengehöriges Protoplasma und Kern eine Energide.

Wir stehen hier vor der Auffassung, daß das, was seither als wesentlich für die Zelle angesehen wurde, nämlich die Zellwand, nur eine Bildung der eigentlich aktiven Faktoren sei. Kölliker²⁾ in dem Aufsatz, den er der Sachs'schen Auffassung gewidmet hat, hat dann gezeigt, wie wenig durch dieselbe eigentlich für die tierische Zelle geändert wird. Die neuesten Beobachtungen lassen uns fraglich erscheinen, ob Kölliker richtig gesehen hat. Denn gerade in bezug auf das, was Sachs als unwesentlich wegläßt, hat eine moderne Wissenschaft die allergrößten Fortschritte gemacht.

¹⁾ Sachs, J. v., Beiträge zur Zellentheorie. Flora 1892, No. 1.

²⁾ Kölliker, Ad., Die Energiden von v. Sachs im Lichte der Gewebelehre der Tiere. Verh. d. phys. med. Ges. z. Würzburg. N. F. XXXI, No. 5.

Ich meine die Membran, welche die Energiden umhüllt, welche sie gegen die Außenwelt abgrenzt, sie vor dieser schützt und den Verkehr mit dieser vermittelt. Die Wissenschaft, welche uns Neues kündete in bezug auf die Rolle, welche eine solche Membran spielt, ist die physikalische Chemie. Es läßt sich das, was sie lehrte, unter drei verschiedene Gesichtspunkte unterbringen. Da ist zuerst die Theorie van t'Hoffs.¹⁾ Sie sagt, daß in einem ganz ähnlichen Zustand wie die Moleküle der Gase nach der kinetischen Gastheorie sind, auch die Moleküle der gelösten Stoffe sich befinden. Wie die ersteren in dem von Gasen erfüllten Raum, so führen die letzteren innerhalb der Flüssigkeit Schwingungen aus, deren Geschwindigkeit von der Temperatur abhängig ist, ganz ebenso wie es uns das Gay-Lussac'sche Gesetz bezüglich der Gase lehrt. Die Summe der Stöße aber, welche von diesen Molekülen auf die Wandungen des Raumes ausgeübt werden, sofern diese Wandungen sie von einer Flüssigkeit trennen, in der sie gleichfalls schwingen können, und insofern diese Wandungen sie nicht durchlassen, diese Summe nennen wir den osmotischen Druck. Wie die Zahl der Stöße es sein muß, ist dieser Druck abhängig von der Anzahl der Moleküle, die sich in der Raumeinheit befinden, d. h. von der Konzentration der Lösung, und ferner von der Temperatur. Diese Theorie ließ uns einen neuen und bis dahin unerwarteten Blick hineintun in die Natur der Lösungen, wir erkennen mit einem Male das, was in einer Lösung vor sich geht, und die Physiologen begannen deutlicher sich das, was in den lebenden Wesen, die ja von Lösungen erfüllt sind, sich zuträgt zu veranschaulichen. Eine neue Erkenntnis aber, die der Theorie van t'Hoffs folgte, stieg unterdessen auf. Es war die von Arrhenius.²⁾ Wenn Salze, sagte er, sich in einer verdünnten Lösung befinden, so schwingen ihre Moleküle nicht als Ganzes, sondern sie zerfallen in zwei Bestandteile, entsprechend der Trennung, die sie auch durch die Elektrolyse erfahren, in die Ionen. So wie ein starker elektrischer Strom das Kochsalz z. B. in das Kation Na und das Anion Cl zerfallen macht, von denen das eine sich an der positiven, das andere an der negativen Elektrode ausscheidet, so zerfällt in einer verdünnten Lösung das Kochsalz auch von selbst in Na und Cl. Und

¹⁾ van t'Hoff, Die Rolle des osmot. Druckes in der Analogie zwischen Lösungen u. Gasen. Zeitschr. f. physik. Chemie I 481, 1887.

²⁾ Arrhenius, Die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe. Zeitschr. f. physik. Chemie I 631, 1887.

ebenso geschieht es mit jedem anderen Salz, welches aus einem elektropositiven und einem elektronegativen Bestandteil besteht. Das sind enorme chemische Wirkungen, welche sich in den Lösungen vollziehen, denn zur Lösung der Verbindung des Natrium mit dem Chlor zum Kochsalz gehört eine gewaltige Kraft. Und von diesen chemischen Wirkungen hatte man seither keine Ahnung gehabt. Wo kommen sie her? Warum müssen die Lösungen verdünnt sein, wenn man sie erhalten will? Vielleicht nur deshalb, damit die voneinander getrennten Ionen sich nicht so leicht wieder begegnen, wie es der Fall ist, wenn eine größere Anzahl von Molekülen sich in derselben Raumeinheit befinden. Und wenn sich zwei entgegengesetzte Ionen begegnen, so ziehen sie sich an, wie zwei entgegengesetzte Elektrizitäten sich anziehen. Und das Resultat der Anziehung ist die Vereinigung. Dieselbe Flüssigkeit, welche der Schauplatz der Trennungen ist, ist also auch der Schauplatz der Vereinigungen. Dieselben Bedingungen, unter welchen die Trennung vor sich geht, gestatten auch die Wiedervereinigung. Was ist denn die Ursache der Trennung? Es ist offenbar nur das Übermaß der Schwingung, welche das Molekül ausführt, die auch zur Trennung seiner Bestandteile führt. Das Übermaß ist vielleicht nicht die richtige Bezeichnung. Es ist wahrscheinlich gar kein Übermaß, sondern dieselbe Kraft, welche zur Trennung der Molekulargruppierung führt und die einzelnen Moleküle isoliert, hebt dann auch die Atomgruppierung innerhalb des Moleküls auf und läßt dann die einzelnen Atome ihre Schwingungen ausführen.

Was aber hat nun ein Membran mit diesen Vorgängen in den Lösungen zu schaffen? Darüber geben Betrachtungen Auskunft, welche Ostwald¹⁾ angestellt hat. So gut wie es Wandungen gibt, welche die gelösten schwingenden Moleküle nicht durchlassen und ihre Stöße als osmotischen Druck registrieren, so gut kann es auch Wandungen geben, welche sie durchlassen. Solche Wandungen brauchen nicht dick zu sein, ihre Dicke, welche den Weg vergrößert, den die Moleküle innerhalb der Wand zurückzulegen haben, bildet sogar ein Hindernis. Solche Wandungen werden am besten durch Membranen dargestellt. Nun braucht eine solche Membran nicht alle Moleküle durchzulassen, sie kann eine Auswahl

¹⁾ Ostwald, W., Elektr. Eigenschaften halbdurchläss. Scheidewände. Zeitschr. f. physik. Chemie 6, 71 1890.

treffen, indem sie die einen, die sich ihrem eigenen Bau in irgendeiner Weise anpassen, durchläßt, die anderen nicht. Solche Membranen nennt man semipermeabel. Das nächste ist nun, daß man sich vorstellt, was eine solche semipermeable Membran für die Lösungen, die sich auf ihren beiden Seiten befindet, bedeutet. Sie muß eine besondere Art des Schwingens der Moleküle von einer Seite zur anderen bedeuten, wenn in der einen Lösung sich Moleküle befinden, die sie durchläßt, in der anderen nicht. Wenn nun die eine Seite die Außenwelt ist, die andere Seite die Zelle, so reguliert eine solche semipermeable Membran den Verkehr der Zelle mit der Außenwelt. Nur gewisse Stoffe gelangen von der Außenwelt hinein, nur gewisse Stoffe gelangen hinaus. Die Wandung der Pflanzenzelle aber ist eine semipermeable Membran. Über alle die Ausblicke in das Leben der Pflanzenzelle, die diese Einsicht gewährt, führt uns Ostwald jetzt noch hinweg. Er sagt, wenn der Fall eintritt, daß die semipermeable Membran für das eine Ion, des in der Lösung sich spaltenden Moleküls durchlässig ist, für das andere aber nicht, dann muß auf beiden Seiten der Membran eine elektrische Spannung, ein Potentialunterschied auftreten. Denn auf der einen Seite müssen sich ja diejenigen Ionen anhäufen, die durch die Osmose hinübergelangen, auf der anderen diejenigen, die zurückbleiben. So werden wir hineingeführt in die Quelle der elektrischen Ströme, die in den lebenden Wesen stattfinden, d. h. an den Anfang einer Kette von Veränderungen, die für das Leben von der größten Bedeutung sind, wie wir bald sehen werden.

Alles das würde aus der Einheit des Lebens wegfallen, wenn wir dieselbe unter Weglassung der Membrane als Energide definieren wollten, wie Sachs es vorschlägt. Aber stehen wir nicht hier vor einer neuen Einsicht in das Wesen der Einheit des Lebens? Sachs sagt, die aktiven Bestandteile der Zelle können eine Membran bilden oder nicht. Die physikalische Chemie lehrt uns, welche gewaltige Kraftquelle in einer solchen Membran drinsteckt, und sie lehrt uns, wie mannigfaltig eine solche Membran sein kann. Die Erfahrung über das Leben der tierischen Zellen belehrt uns dann weiter, daß bei einigen eine Membran von dieser, bei anderen von jener Natur gebildet werde. Was sind nun Kern und Protoplasma, daß sie sich einen solchen Apparat ausbilden können?

Und müssen sie nicht verschieden sein, wenn sie verschiedene Apparate ausbilden können? Und was steckt in ihnen eigentlich drin? Ist es immer dasselbe?

5. Fortschritte der Physiologie.

Jetzt will ich die Aufmerksamkeit lenken auf einige eigentümliche Untersuchungen der Physiologie, die meinen eigenen Weg, d. h. den Weg zur Planung dieser Theorie erhellt haben. Diese Untersuchungen zogen die niederen Lebewesen in den Bereich physiologischer Forschung. Damit schufen sie einerseits eine Brücke zwischen den schon bekannten Lebenserscheinungen der Pflanzen und denen der Tiere und machten uns andererseits bekannt mit ganz neuen Lebenserscheinungen. Sie erweiterten die Physiologie, indem sie eine vergleichende Physiologie schufen. Das Bemerkenswerteste für mich war an ihnen zunächst, daß sie den Einfluß äußerer Kräfte auf die Lebenserscheinungen feststellten. Da war z. B. an den Pflanzen zunächst bekannt, daß sie ihre Blüten und Blätter dem Lichte zuwendeten. Man nannte das Heliotropismus. Es war auch schon bekannt, daß Mücken und Schmetterlinge in das Licht fliegen, ohne Rücksicht auf ihr eigenes Leben. J. Loeb¹⁾ stellte in einer systematischen Untersuchung fest, wie diese Eigenschaft des Heliotropismus in positivem oder negativem Sinne sehr vielen, vielleicht allen Tieren zukommt. Sie alle wenden sich dem Licht zu oder von ihm ab, und es hängt mit von der Konkurrenz anderer Reize ab, welchen Einfluß der Heliotropismus auf ihre Bewegungen erlangt. Sodann wußte man von den Pflanzen, daß die Berührung mit festen Körpern einen Einfluß auf ihr Wachstum ausübt. Die Schlingpflanzen, der Efeu verdanken ihre Fähigkeit sich emporzuranken dem Reiz, welchen die umschlungenen festen Körper auf sie ausüben. Man nannte das Stereotropismus. Nun zeigten manche, unter anderen Dewitz,²⁾ daß auch für die Bewegungen von Tieren etwas diesem Stereotropismus Verwandtes

¹⁾ J. Loeb, Heliotropismus der Tiere und seine Übereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen. Würzburg 1890.

²⁾ J. Dewitz, Über den Rheotropismus bei Tieren. Arch. f. A. u. Ph. 1899. Phys. Ab. Supp.

unter Umständen maßgebend ist. Es war ferner bekannt, daß die elektrischen Pole eines konstanten oder Induktionsstroms einen Reiz ausüben auf Tiere oder Pflanzen, soweit sie beweglich sind. Es blieb aber anderen Forschern, vor allem Hermann,¹⁾ vorbehalten, zu zeigen, daß manche Tiere, wenn sie in ein elektrisches Feld gebracht werden, sich an einem Pol anhäufen, den anderen vermeiden. Sie scheinen durch den elektrischen Strom eine Richtung zu erfahren, denn wenn sie zu dem einen Pol nicht hinschwimmen können, so orientieren sie sich wenigstens so, daß an einer bestimmten Stelle der Strom in ihren Körper ein-, an einer anderen wieder austritt. Man nannte das Galvanotropismus. Nicht bloß physikalische, sondern auch chemische Kräfte haben einen solchen richtenden Einfluß. Verworn²⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, wie gewisse niedere Lebewesen, sobald sie in die Nähe von besonderen chemischen Substanzen kommen, entweder darauf zu oder davon wegeilen. Er nannte das Chemotaxis. Damit war die Brücke zu etwas weiterem gegeben. Seither hatten die äußeren Kräfte nur die Bewegungen, d. h. die inneren Kraftentwickelungen beeinflußt. Die niederen Lebewesen aber, welche der Chemotaxis gehorchen, können auch Teile von höheren Lebewesen sein. Die Amöben oder amöboiden Zellen sind in einer solchen Lage. Wenn sie durch die Chemotaxis veranlaßt an einem Ort sich anhäufen, einen anderen Ort fliehen, so können sie damit die Bildung des Körpers, des höheren Organismus wesentlich beeinflussen. Von der Art, wie die Bildung eines höheren Organismus durch äußere Kräfte beeinflußt werden kann, gab dann wieder J. Loeb³⁾ in seiner Abhandlung über Heteromorphose ein anschauliches und beweisendes Beispiel. Bei gewissen Polypen hat man den Gegensatz des oralen und des aboralen Endes. An dem einen Ende wächst der Kopf, an dem anderen Ende der Fuß. Unter Einhaltung gewisser Bedingungen gelang es nun Loeb, nachdem er am oralen Ende den Kopf abgeschnitten, aus dem oralen Ende einen Fuß hervorwachsen zu lassen, und umgekehrt aus dem aboralen Ende einen Kopf. Polypen mit einem Kopf an jedem Ende und andere mit einem Fuß an jedem

¹⁾ L. Hermann, Eine Wirkung galvanischer Ströme auf Organismen, Pfl. A. 37, 457.

²⁾ M. Verworn. Allgemeine Physiologie. Jena 1895.

³⁾ J. Loeb. Untersuchungen zur Physiologischen Morphologie der Tiere. I. Heteromorphosis. II. Organbildung und Wachstum. Würzburg 1892.

Ende, also ohne Kopf, ließen sich so herstellen. Diese experimentellen Heteromorphosen sind nicht vereinzelt. Zahlreiche andere Untersuchungen reihen sich ihnen an, von denen ich nur die von Born¹⁾ hervorheben will. Er zerschnitt Froschlarven in physiologischer Kochsalzlösung und es gelang ihm, die verschiedensten Stücke zusammenzuheilen. Merkwürdige Mißbildungen entstanden so und zeigten, wie unter Umständen auch diejenigen Mißbildungen, welche ohne unser Zutun hervorgebracht werden, entstanden sein können. Den merkwürdigsten Beitrag von dem Einfluß der äußeren Kräfte auf die Bildung der Organismen liefert aber die künstliche Parthenogenesis, welche J. Loeb²⁾ bewirkte. Eine kleine Änderung in der Zusammensetzung des Meerwassers, in dem sie sonst befruchtet werden und sich entwickeln, bewirkt, daß die Eier von gewissen Echinodermen auch ohne den Zutritt des männlichen Samens sich zu entwickeln beginnen, und eine weit fortgeschrittene Stufe der Entwicklung erreichen, bis sie als Larven selbst umherschwimmen. Diese Änderung der Zusammensetzung führt dem Meerwasser einen neuen gelösten Stoff in einer bestimmten Konzentration zu und dadurch wird, wie wir aus dem vorigen Kapitel wissen, die Osmose in einer bestimmten Weise verändert. J. Loeb³⁾ hat aber neuerdings noch mehr gefunden. Es gibt zwei Arten von Echinodermen, den Seeigel und den Seesternen, deren Eier zwar ähnlich aber doch keiner Bastardierung unter gewöhnlichen Umständen fähig sind. Ändert man nun die Zusammensetzung des Meerwassers in einer bestimmten Weise, so daß sowohl die Osmose verändert als auch ein neuer Stoff zugeführt wird, dann werden die Eier der einen Art für die Spermatozoen der anderen Art zugänglich, können durch sie befruchtet werden, sind aber unzugänglich, unbefruchtbar geworden durch die Spermatozoen der eigenen Art.

Die Bildung des Körpers ist also doch abhängig von den Kräften, die in der umgebenden Welt herrschen, wenn sogar der

¹⁾ G. Born, Mit Amphibienlarven angestellte Verwachsungsversuche. Verhandl. d. anal. Ges. Basel 1895.

²⁾ J. Loeb, On the Artificial Production of Normal Larvae from Unfertilized Eggs of the Sea-Urchin. (Arabacia). Amer. Journ. of Phys. 1901, 39.

³⁾ J. Loeb, The Fertilization of the Egg of the Sea-Urchin by the Sperm of the Star-fish. Univers. of California Public. Physiol. No. 6.

allererste Aniang, die Befruchtung unter deren Einfluß steht. Nicht bloß Mißbildung, sogar Bastardierung kann unter Veränderung der Umgebungsbedingungen geschehen. Das macht zunächst daran denken, daß der Formenreichtum der lebenden Wesen doch von dem Wechsel der Bedingungen in der Welt abhängig sein möchte, daß das, was man als Anpassung hinstellt, doch ein allgemeines Gesetz, nicht bloß eine vereinzelt Erscheinung sein muß. Sodann aber macht es tief nachdenklich. Dieses Leben, das sich so abschließt gegen alle übrigen Naturerscheinungen, das sich ihnen gegenüber behauptet, sie nicht eindringen läßt, immer wieder nur sich selbst erzeugt, ist doch wieder so zugänglich dem Einfluß der äußeren Kräfte. Was ist es für ein Prozeß?

6. Neue Pläne.

In all den Fortschritten, welche die Physiologie, welche die Wissenschaften von dem Leben gemacht hatten, war der Gegensatz nicht verdunkelt worden, welchen ich im Eingange dieses Abschnittes entwickelt habe, der Gegensatz zwischen Ludwig und den Morphologen, den Histologen, den Embryologen, den vergleichenden Anatomen, den pathologischen Anatomen. Der Organismus ist die Einheit, das wirkende Etwas, das Individuum hatte Ludwig gesagt, und die Zellen, die Gewebe sind die Apparate, die er sich ausbildet zu diesem Zwecke. Die Zellen sind die Einheit, das wirkende Etwas, die Individuen; sie bilden den Organismus aus, sagten die Morphologen. In der Niere hatte Ludwig¹⁾ als einer der ersten Forscher, mit dem Mikroskop in der Hand, die Zellen im Dienste des Organismus gezeigt als bloße Apparate, die für die Ausnutzung gewisser, allgemein im Organismus herrschenden Kräfte gebaut sind. In der Niere, hatte ihm Heidenhain²⁾ entgegnet, sind in den Zellen eigentümliche Kräfte wirksam, die von jenen allgemeinen Kräften, dem Blutdruck, der Diffusion abweichen, und diese eigentümlichen Zellenkräfte bewirken die Sekretion des Harnstoffes, die eigentlich wichtige Funktion der Niere. So standen sich die physikalische und die physiologische Theorie, wie man sie be-

¹⁾ C. Ludwig, l. c.

²⁾ R. Heidenhain, l. c.

nannte, in der Niere gegenüber, und dieser Gegensatz bestand im Grunde, wenn auch weniger deutlich in bezug auf fast alle Organe, auf fast alle Funktionen. Die Erweiterung der Kenntnisse hatte uns dazu gebracht mehr zu wissen über die Vorgänge in der Zelle, mehr zu wissen über den Zusammenhang der Zellen im Organismus. Aber das hatte jenen Gegensatz nicht zum Verschwinden gebracht, im Gegenteil, es hatte ihn verschärft. Je deutlicher wir die Zelle vor uns sahen, je mehr wir über ihre Eigenschaften und ihre Schicksale wußten, desto größer erschien die Differenz zwischen ihr und dem Gesamtorganismus. Ich stand mitten darin und ich mußte beiden Teilen recht geben. Wie können aber beide Teile recht haben, die das Entgegengesetzte behaupten? Das ist nur in einem einzigen Falle möglich, wenn das Ausgesagte im Grunde dasselbe meint, nur in verschiedene Worte eingehüllt. So begann es mir allmählich aufzudämmern, aber ich zerbrach mir den Kopf, was für eine Meinung diesen so verschiedenen Aussagen gemeinschaftlich zugrunde liegen könne. War die Meinung etwa die, daß so gut wie die Zellen den Organismus bilden, auch der Organismus die Zellen bilde? Aber sahen wir nicht das eine klar mit dem Mikroskop mit den deutlichen mikroskopischen Bildern und das andere könnte man höchstens erschließen? Das war doch kein Vergleich. Indessen wenn wir mit dem Mikroskop der Entstehung des Organismus aus der befruchteten Eizelle folgten, so sahen wir, daß sich da etwas ausbildete, was ursprünglich nicht Zelle war, nämlich die Scheidewand, die die Zellen trennte. Sie wurde allmählich ausgebildet zu dem Weg, der den Organismus durchzog, auf dem die verschiedenen Zellen miteinander kommunizierten. Und diese Scheidewände, die in dem Organismus eine solche Rolle spielten, hatten alle in der ursprünglichen Eizelle dringesteckt. Da kam mir auf einmal der Gedanke: Ja beide haben recht, denn im Grunde ist die Zelle zweierlei. Sie ist ein Apparat, wie Ludwig sich denkt, als solcher ist sie ein Teil des Organismus und das was sie leistet, steht anderem ganz verschiedenen gegenüber, was die Wege, die ehemaligen Scheidewände leisten. Dann ist sie aber auch ein Keim, wie Ludwigs Gegner wollen, ein Keim, aus dem alles hervorgeht, auch die Scheidewände, in dem also auch alles schon drinsteckt. Und deshalb ist der ganze Organismus ihr Produkt. Es kommt also jetzt darauf an, diese doppelte Natur der Zelle zu erforschen

und auseinanderzulegen. Es muß sich doch in der Zelle Verschiedenartiges zusammenfinden, wenn alle die verschiedenen Teile, die den Organismus bilden, aus ihr hervorgehen. Andererseits aber müssen alle diese verschiedenen Teile eigentümlich fest verbunden sein, um eine solche Einheit zu bilden. Worauf beruht nun diese Doppelnatur, so begann jetzt mein Nachgrübeln. Und um anzudeuten, wie mein Streben darauf hinausging, jenseits der Zelle das eigentliche Element der Organismen zu finden, nannte Ludwig mich den *Ultrazellularen*. Aber hieß es nicht den Boden der wissenschaftlichen Erkenntnis verlassen, wenn man auf diesen Weg sich begab? Zeigte nicht die fortschreitende Erkenntnis immer und immer wieder die Zelle als den eigentlich reagierenden Teil, auf den die Funktionen zurückzuführen waren? Zwar war es nicht schwer, nachzuweisen, daß die Zelle zusammengesetzt sei, schon mit dem Mikroskop unterschied man ja in ihr verschiedene Teile. Daß es noch Zwischenglieder zwischen ihr und den isolierten Molekülen geben mußte, war ja nur zu deutlich, und wenn man diese in Granulas oder auch in Fäden suchte, das erschien nicht revolutionär.

Aber diesen Elementen müßten ja noch die Eigentümlichkeiten zukommen, sich auch zu verändern. Sie müßten nicht bloß die Bausteine sein, die ein Haus zusammensetzen, in unveränderlicher Form und Art. Wir haben doch sehr verschiedenartige Zellen, Epithel-, Bindegewebs-, Muskel-, Nervenzellen, alle müssen zusammengesetzt sein. Und zwischen den verschiedenen Elementen, die wir in den verschiedenen Zellen finden, muß ein Band bestehen, wie dasjenige, welches die Zellen zum Organismus vereinigt. Sie müssen also auch ein Leben haben? Sollen sie zu vergleichen sein anderen lebenden Wesen, die wir außerhalb der Zellen finden, oder sind sie etwas völlig Neues, Eigentümliches. Wenn sie einem der Lebewesen zu vergleichen sind, die auch außerhalb der Zellen sich finden, wird dann durch sie die Einheit des Lebens in den Kreis unserer Erkenntnis eingeführt? So phantastisch auf den ersten Blick das Suchen nach dem Band erschien, welches die Formen in den verschiedenen Zellen einschließt, so schien damit doch nichts Wilderes, Unwahrscheinlicheres gesucht, als was uns die Beobachtungen am Menschen lehrten, die uns die Mediziner und Chirurgen zu gleicher Zeit in immer unwiderleglicher Weise vorlegten. Wir hörten mit wachsendem Erstaunen von dem Zusammenhang der

Thyreoidea und den Funktionen des Zentralnervensystems, der Eierstöcke und der Osteomalacie, der Nebennieren und der Addisonschen Krankheit endlich gar der Hypophysis und der Akromegalie. Wenn es ein Band gab, welches so verschiedene Organe umschließt, ein Band, das wir uns auf den seither bekannten Wegen nicht ableiten konnten, so muß es noch etwas Neues in den Zellen, in dem Organismus geben, das in den Kreis unserer jetzigen Vorstellungen noch nicht eingeschlossen ist. Um dieses Neue zu suchen, muß man den Kreis dieser Vorstellungen erweitern, aber nicht verlassen. Läuft man dabei nicht Gefahr, der Diktatur der eigenen Phantasie zu verfallen? So habe ich mich wiederholt gefragt. In Wirklichkeit muß man sich dabei vor nichts mehr in acht nehmen, als vor der Phantasie. Wie armselig ist diese doch gegenüber der Wirklichkeit! Wer hätte sich, bevor die Atomtheorie entdeckt war, vorzustellen gewagt, welche Fülle von Körpern aus der Kombination von einigen Atomen entstehen könnte. Wer hätte nur daran gedacht, daß die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften dieser Körper den Gesetzen dieser Kombination genau folgen würden? Jede Phantasie bleibt ja hinter dem, was wir fanden, als wir der Wirklichkeit folgten, weit, weit zurück. Und wenn wir gegenüber diesem gewaltigen, geheimnisvollen Prozeß des Lebens stehen, was kann da die Phantasie anders ausrichten als armselige Dummheit gegenüber der überraschenden Wirklichkeit. Da hilft nichts, als genaues Beobachten, Registrieren alles dessen, was wirklich eintritt, Mißtrauen gegen alle Beobachtungsfehler, aber auch Mißtrauen gegenüber dem Bestreben, etwas auf Rechnung der Beobachtungsfehler zu setzen, was nicht mit den überlieferten Ideen übereinstimmt. Unbestechlichkeit gegenüber dem Erfolg, gegenüber der Anerkennung von seiten derjenigen, die in den Ideen befangen sind, die bis hierher geführt haben. Denn um weiter zu kommen, muß man über diese Ideen hinausgehen, muß man den Boden verlassen, auf dem man selbst seither gestanden.

Wahrheit, nichts als Wahrheit, das Licht, das aus dem Leben selbst hervordringt, kann allein die Lösung sein.

7. Eigene Forschungen.

Unter der Überschrift, die ich diesem Kapitel gebe, beabsichtige ich nicht, einen historischen Bericht über meine eigenen Untersuchungen zu geben. Es handelt sich für mich nur darum, den Weg zu beleuchten, den ich selbst bis zur Abfassung dieses Buches ging. Ich werde daher nur diejenigen Resultate hervorheben, die mich speziell leiteten. Im ganzen kann man dieselben in sechs verschiedene Abteilungen unterbringen. Die erste derselben handelt von Formveränderungen, die in den Zellen auftreten, unter der Wirkung äußerer Kräfte. Es zerfällt diese Abteilung wieder in zwei Untergruppen. In der ersten derselben erscheinen die Formveränderungen direkt als Wirkung der Veränderung der Umgebungsbedingungen. So beobachtete Stolnikow¹⁾ die Änderungen der Leberzellen, welche bei der Phosphorvergiftung auftreten. Wenn ich diese Vergiftung rubriziere unter Veränderung der Umgebungsbedingungen, was zuerst auffallen mag, so fasse ich Umgebung natürlich im weitesten Sinne. Ob der Phosphor experimentell zur innerlichen Wirkung auf den Organismus gebracht wird, ob die Vergiftung eine absichtliche oder zufällige ist, bleibt sich zunächst für die Wirkung gleich. Dann zeigte Iwanoff,²⁾ wie das Antipyrin auf die Leberzellen wirkt, endlich Gürber³⁾ die Vacuolen ähnlichen Veränderungen, welche das Lupetidin und dasselbe verbunden mit seinen Seitenketten in den Blutkörperchen hervorruft. Das Wesentliche war hier überall, daß morphologische Änderungen, und zwar solche, die für die chemische Natur des Elementes oder die Konstitution der Atomgruppe charakteristisch waren, eintraten, sobald die chemische Substanz dem Organismus in genügender Menge einverleibt wurde. Bei der zweiten Gruppe dieser Arbeiten traten auch Formveränderungen in den Zellen auf nach Einwirkung äußerer Kräfte. Hier aber interessieren dieselben nicht so sehr als Wirkung der äußeren Kräfte wie als Ursache der weiteren Veränderungen, die der Organismus erleidet. Die morphologischen

¹⁾ Stolnikow, Vorgänge in den Leberzellen insbesondere bei der Phosphorvergiftung. Arch. f. A. u. P. 1887. Phys. Ab. Supp.

²⁾ W. Iwanoff, Beitrag z. Kenntniss der phys. Wirkung d. Antipyrins. Arch. f. A. u. P. 1887. Phys. Ab. Supp.

³⁾ A. Gürber, Untersuchungen n. d. phys. Wirk. d. Lupetidins. Arch. f. A. u. P. 1890. Phys. Ab.

Veränderungen sind ein Mittelglied in der Reaktion des Organismus gegenüber den äußeren Kräften. Ich erwähne hier das Auftreten des Plasmosoma, welches Ogata¹⁾ gefunden, nach Reizung des Pankreas zur Sekretion durch Erregung der Medulla oblongata oder durch Vergiftung mit Pilocarpin. Der Nervenreiz, der durch die Zentralisation hindurchgeht, ist hier eingetreten zwischen der äußeren Gewalt und der Bildung in den Pankreaszellen, die wir als Plasmosoma bezeichnen. Dieses selbst dient dann aber wieder dazu, um die Bildung der Zymogenkörner und deren Sekretion herbeizuführen. Diese Intervention der Zentralisation zwischen der äußeren Gewalt und der Veränderung der Zelle bringt uns vor Augen, wie doch eigentlich der Gesamtorganismus als Einheit diese äußere Gewalt in allen Fällen aufnimmt und erst von ihm aus die Zellen beeinflußt werden. Da erhebt sich denn wieder die Frage, was ist eigentlich der Gesamtorganismus, was die Zelle? Eine eigentümliche Antwort bekam ich darauf in der zweiten Abteilung meiner Untersuchungen. Ich entdeckte da,²⁾ daß es ein eigentümliches, aktives, bewegungsfähiges Gebilde gibt, welches sich aus den Blutkörperchen von *Rana esculenta* entwickelt und in andere Blutkörperchen einbohrt, wobei wohl diese letzteren, aber nicht es selbst, zugrunde geht. Ich nannte diese Gebilde Cytozoen,³⁾ im Anschluß an ihr Entstehen aus Zellen und ihre tierartige Bewegung. Ich sprach weiter die Ansicht aus, daß sie die eigentlich aktiven, lebendigen Bestandteile der Blutkörperchen enthalten und daß ihre nähere Erkenntnis uns zu einer Reform unserer herrschenden Anschauung von dem Aufbau des Organismus führen müsse. In einem gewissen Gegensatz zu den Cytozoen stand eine Beobachtung, die ich gleichfalls an dem Froschblut machte, nämlich die der Trypanosomen,⁴⁾ auf die übrigens bei den Fischen schon v. Siebold⁵⁾ die Aufmerksamkeit gelenkt hatte. Ich beobachtete verschiedene Formen dieser beweglichen Gebilde, die ich unter dem Namen

¹⁾ M. Ogata, Die Veränderungen d. Pankreas b. d. Sekretion. Arch. f. A. u. P. 1883. Phys. Ab.

²⁾ J. Gaule, Über Würmchen, welche aus den Froschblutk. auswandern. Arch. f. A. u. P. 1880. Phys. Ab.

³⁾ J. Gaule, Die Beziehungen der Cytozoen (Würmchen) zu den Zellkernen. Arch. f. A. u. P. 1881. Phys. Ab.

⁴⁾ J. Gaule, Beobachtungen der farbl. Elemente des Froschblutes. Arch. f. A. u. P. 1880. Phys. Ab.

⁵⁾ v. Siebold, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. II. 1850.

Kymatocyten zusammenfaßte. Waren es bei den Cytozoen Gebilde, die sich aus den Zellen entwickelten, Teile derselben umfassend, die eine besondere Beweglichkeit zeigten, so waren es bei den Trypanosomen die ganzen Zellen, die durch eine auffallende Bewegung sich auszeichneten. Meine Ansicht, daß wir es bei beiden Arten von Gebilden mit den wirklichen Elementen des Organismus, nur unter besonderen Umständen, zu tun haben, ist im allgemeinen nicht akzeptiert worden. Man hat dieselben für Parasiten erklärt, indem man bald von dieser, bald von jener Vorstellung ausging. Ich will die Gründe, die mich bewegen, meine Ansicht aufrecht zu erhalten, erst im zweiten Band in der Synthese auseinandersetzen. Hier würde diese ganze Diskussion zu sehr aufhalten. Denn an dieser Stelle kommt es nur darauf an, zu zeigen, wie die Beobachtungen psychologisch und historisch den Leitfaden für den Versuch zur Schlichtung des Widerstreites zwischen Mechanikern und Morphologen bilden. Wer daher einstweilen daran festhalten will, daß Cytozoen und Kymatocyten (Trypanosomen) Parasiten seien, mag sich an Spermatozoen und Amöbocyten halten. Einst teilten diese auch das Schicksal, für Parasiten gehalten zu werden. Jetzt, wo ihre Rolle in den Lebensvorgängen bekannt ist, ist davon keine Rede mehr. Für mich waren sie Beispiele, wie aus den Zellen, im besonderen aus Teilen derselben, die *Spermatozoen*, Gebilde von eigentümlicher Beweglichkeit, hervorgehen, oder daß ganze Zellen, die *Amöbocyten*, sich durch eine selbständige Beweglichkeit auszeichnen. Man mag daher einstweilen diese beiden Vertreter, auf welche die Cytozoen und Kymatocyten meine Aufmerksamkeit lenkten, als die Wegweiser ansehen, die dahin zeigten, daß 1. die Elemente der zusammengefaßten Organismen Eigenschaften besaßen, welche auch den einfachen Lebewesen zukamen und 2. daß diese Elemente keine wirklichen Elemente, sondern kompliziert seien, indem Teile von ihnen sich wieder zu selbständigen Wesen entwickeln können. Wo nun aber solche selbständige Wesen vereinigt sind zu einer Kombination, sei es, daß diese Kombination Organismus, oder sei es, daß diese Kombination Zelle heiße, so muß es ein gewisses Gesetz geben, welches diese Zusammenfassung beherrscht. Damit komme ich zu meiner dritten Gruppe. Als das Gesetz, welches die Zusammenfassung in jedem lebenden Wesen bedingt, also sowohl in den komplizierten wie in den einfachen, habe ich bezeichnet den

Zyklus. Unter Zyklus habe ich verstanden die Rückkehr der Atome innerhalb des Moleküls und der Moleküle innerhalb der morphologischen Teile in die Anfangsstellung, nachdem sie eine Veränderung durchgemacht. Ich habe das auseinandergesetzt in meiner Antrittsvorlesung¹⁾ und die Williamson'sche Ätherbildung als ein einfaches Beispiel eines solchen Zyklus angeführt. In den komplizierten Organismen müssen nun die einzelnen Teile, seien sie Elemente oder selbst wieder kompliziert, in einem gewissen Verhältnis der Menge und der Lage vorhanden sein. Das erstere ist das zunächst einfachere zu Ermittelnde. Ich nannte dasselbe den Ökus.²⁾ Die Arbeiten von Birge³⁾ über das Verhältnis der motorischen Ganglienzellen zu den motorischen Nervenfasern, von mir⁴⁾ über die Zahl der Fasern in der weißen Substanz des Rückenmarks und von Lewin und mir⁵⁾ über das Verhältnis der Zahlen der Nervenfasern in den hinteren Wurzeln zu der Zahl der Zellen in den Spinalganglien sind der Ermittlung von Ökuswerten gewidmet. Diese einzelnen Glieder des Ökus müssen aber in dem gesamten Zyklus und wenn dieser den Lebensvorgang umfaßt, in diesem eine einander bedingende Bedeutung haben. Was jedes Glied des Ökus tut, muß auch die Tätigkeit der übrigen Glieder beeinflussen. Darauf beruhen die Vorstellungen von der Trophik und die Ermittlung der Resultate von den, deren Störungen gewidmeten Experimenten.

Nicht alle Glieder des Ökus haben in dem Lebensvorgange die gleiche Stellung. Schon bei der Besprechung der ersten Gruppe habe ich den Ausdruck zentralisiert gebraucht. Was bedeutet das eigentlich? Ich habe damals gesagt, der Organismus nimmt die Wirkungen der Kräfte der Außenwelt als eine Einheit auf und die Erwiderung durch seine inneren Kräfte, so mannigfaltig lokalisiert sie ist, geschieht wieder einheitlich. Halten wir nun diese Vorstellung der ersten Gruppe mit den Ermittlungen der zweiten

¹⁾ J. Gaule, Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem des Lebens, Leipzig 1887.

²⁾ J. Gaule, Der Ökus der Zellen. Festschrift z. Ludwigs 70. Geb., Leipzig 1886.

³⁾ E. A. Birge, Zahl der Nervenfasern u. der motor. Ganglienzellen im Rückenm. d. Frosches. Arch. f. A. u. P. 1882. Phys. Ab. Supp.

⁴⁾ J. Gaule, Zahl und Verteilung der markh. Fasern im Froschrückenmark, Abh. d. math. phys. Kl. der Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch., Leipzig 1889.

⁵⁾ J. Gaule (Lewin), Über die Zahlen d. Nervenfasern u. Ganglienzellen in den Spinalganglien d. Kan. Zentralbl. f. Phys. 1896. 15 u. 16.

Gruppe zusammen. Der Organismus besteht aus einer Anzahl von Einzelwesen. Die dritte Gruppe sagt uns denn weiter, der Lebensvorgang jedes Wesens ist ein Zyklus. Dann folgt, der Zyklus des Gesamtorganismus ist kombiniert aus den Zyklen all der Einzelwesen, die den Organismus zusammensetzen. In dieser Kombination muß sowohl das Ganze einen Zyklus darstellen wie auch die einzelnen Komponenten. Werden aber dabei die Komponenten vollständig benützt, um den Gesamtzyklus zu bilden, oder nur einzelne Teile derselben? Wir untersuchen das einstweilen noch nicht, wir machen uns nur ein Bild von dem zentralisierten Gesamtzyklus. Und auf die Art, wie dieser in all die Einzelzyklen eingreift, bezieht sich die vierte Gruppe meiner Untersuchungen. Ich weiß von derselben kein besseres Beispiel anzuführen als die bereits erwähnte Arbeit von Ogata. Auf die Reizung der Medulla oblongata hin vermehrt sich die Zahl der Plasmosomen in den Zellen der Pankreas. Die unzähligen Einzelzyklen, die sich in diesen Zellen abspielen, ändern sich, wenn der Gesamtzyklus des ganzen Individuums geändert wird. Die Reizung des Zentralnervensystems, in dem dieses zentralisiert ist, entspricht dem Vorgange des Reflexes, der, von der Außenwelt ausgehend, das Verhalten des Individuums gegenüber den Veränderungen in dieser reguliert. Diese Veränderung des Einzelzyklus in der Zelle aber vollzieht sich, indem ein morphologischer Bestandteil der Zelle sich ändert. Die Zelle ist also zusammengesetzt, das wissen wir schon, nicht alle Teile stehen in demselben Verhältnis zur Zentralisation, und die Änderung der Kräfte, die von ihr ausgehen, wie die, die auf sie wirken, bewirkt eine Veränderung der Formen. Das hat uns die erste Gruppe schon gezeigt, aber die fünfte Gruppe fügt dann noch etwas Neues hinzu. Wenn das Leben ein Zyklus ist, so müssen in den lebenden Wesen fortwährend Veränderungen vor sich gehen, indem sie diesen Zyklus durchlaufen. Das sind zunächst Veränderungen der Kräfte, aber den Kräften entsprechen die Formen in den lebenden Wesen. Daher müssen auch die Formen in denselben sich fortwährend ändern, indem sie den Zyklus durchlaufen. Das tun sie nun in überraschender Weise, wie der periodische Ablauf des Lebens zeigt. Warum aber läuft das Leben periodisch ab?¹⁾ So

1) J. Gaule, Über den period. Ablauf des Lebens. Pfl. A. 1901, 87.

ein Zyklus kann nicht für sich allein bestehen. Die Atome, welche ihre Anfangsstellung verlassen haben, können nicht zu derselben zurückkehren, ohne daß neue Kräfte sie dazu nötigen. Diese neuen Kräfte müssen äußere sein im Gegensatz zu den inneren, welche die Atome aus ihrer Anfangsstellung heraustreiben. Diese äußeren Kräfte müssen für das Leben im allgemeinen die auf der Erdoberfläche allgemein verbreiteten, d. h. die kosmischen sein, und diese verlaufen periodisch. Die Koinzidenz ihrer Perioden mit denen, die wir in den Formen innerhalb der lebenden Wesen wahrgenommen, überzeugt uns, daß sie es wirklich sind, welche den Zyklus beeinflussen.¹⁾ Wohin aber führt der Zyklus die lebenden Wesen? Zur Erzeugung immer neuer Generationen. Diese Erzeugung erfolgt aber durch Zusammentreffen der Geschlechtsprodukte. Das führt uns zu der sechsten Gruppe. Wenn das Ziel des Zyklus die Bildung der Geschlechtsprodukte ist und wenn der Zyklus sich vollzieht unter fortwährender Änderung der Formen innerhalb der lebenden Wesen, da müssen diese Formen auch in dem männlichen und weiblichen Organismus verschieden sein. Die sechste Gruppe zeigt nun, inwiefern sie das wirklich sind. Geschlechtliche Unterschiede in den Muskeln,²⁾ in der Leber,³⁾ in dem gesamten Froschorganismus⁴⁾ beziehen sich darauf. Warum sind diese Unterschiede nicht größer? Warum ist angesichts der Differenz in den Geschlechtsprodukten die Harmonie in den geschlechtlichen Individuen in bezug auf Bau und Stoffwechsel noch so groß? Die Synthese soll uns darauf Antwort geben.

8. Ergänzung der eigenen Forschungen durch Fremde.

Eigentlich müßte dieses Kapitel endlos werden. Denn im Grund haben mir viele Arbeiten Ergänzungen und Bestätigungen meiner Ansicht geliefert, und ich sollte hier alle die Literatur,

¹⁾ J. Gaule, Über eigentüml. Wachstumsvorg. in d. Muskeln. Über den Einfluß des Nervensystems hierauf. Deutsch. med. Wochenschr. 1895, 44.

²⁾ J. Gaule, Über die geschl. Differenz in den Muskeln bei Fröschen. Pfl. A. 1901, 84.

³⁾ A. Gaule, Über die geschl. Unterschiede in d. Leber d. Fr. Pfl. A. 1901, 84.

⁴⁾ J. Gaule, Die Veränderungen des Froschorganismus während des Jahres. Pfl. A. 1901, 87.

die ich kenne, anführen. Insofern es sich um die Konstatierung des Fortschritts der allgemeinen Erkenntnis handelt, erscheint es ungerecht, wenn ich einen Autor weglasse, einen anderen nenne. Indessen habe ich es zu tun mit der Darstellung des Weges, den ich gegangen bin, und so werde ich mich darauf beschränken, von den Arbeiten zu sprechen, die mich im Einschlagen dieses Weges wesentlich beeinflussten. Es handelte sich zunächst um die Frage, inwiefern sind die Formen der lebenden Wesen die Wirkungen von Kräften, die in ihnen und auf sie wirken. Da war es für mich eine Erleichterung, daß man diese Formen nicht bloß durch Züchtung, durch langsame Additionen von Wirkungen, wie schon Darwin gelehrt, nein, auch direkt experimentell beeinflussen könnte. Die Experimente, welche Loeb,¹⁾ Hertwig,²⁾ Born,³⁾ Roux⁴⁾ und andere in dieser Richtung anstellten, schienen mir wie Wegweiser, und eine Schrift wie Loeb's Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere klärte mich über manche Punkte auf. Sodann war es mir wichtig, aus den Auseinandersetzungen Verworn's⁵⁾ über die Gleichartigkeit des Lebensvorgangs niederer und höherer Lebewesen vieles zu erfahren, was mich über den Aufbau der komplizierten Organismen aus den einfachen aufklärte. Vor allem aber, wenn es richtig sein sollte, daß Zelle wie Organismus zusammengesetzt sein sollen aus einfacheren Wesen, die nur bei einzelnen Gelegenheiten selbständig auftauchen, sonst aber in der Kombination verschwanden, mußte man ein Beispiel haben, wie eine derartige Kombination zu denken sei. Als ein solches Vorbild erschienen die Flechten nach den Untersuchungen Schwendener's.⁶⁾ Wie dort die von den Pilzen bewohnten Algen eine neue Art von Organismus bilden, der *nicht* gleich der einfachen Summe der beiden Komponenten ist und *doch* wieder den Zyklus beider in sich erkennen läßt, so muß es auch in dem tierischen Organismus hergehen. Frei-

¹⁾ J. Loeb, On the Transformation and Regeneration of Organs. Americ. Journ. of Phys. IV 11, 1900.

²⁾ O. u. R. Hertwig, Experimentelle Unters. über d. Bedingungen d. Bastardbefruchtung. Jena 1885.

³⁾ G. Born, Biologische Untersuchungen. Arch. f. mikr. Anat. 1885.

⁴⁾ Roux, Beiträge z. Entwicklungsmechanik d. Embryo Arch. f. mikr. Anat. 1884—87.

⁵⁾ M. Verworn, Allgemeine Physiologie, Jena 1895.

⁶⁾ Schwendener, Laub- und Gallertflechten. Nägelis Beitr. zur wissenschaftl. Botanik, 1868.

lich von der dem tierischen Organismus eigentümlichen Zentralisation von der Unterordnung des einen Zyklus unter den anderen bemerkt man dabei nichts. Am meisten Analogie mit dem, was ich an dem Plasmosoma der Pankreaszelle gesehen, fand ich in den Beobachtungen Engelmanns¹⁾ über die Veränderungen des Muskelprismas bei der Kontraktion. Hier wie dort morphologische Änderungen von Zellbestandteilen auf einen Vorgang hin, der das Zentralnervensystem durchläuft. Wenig aber konnte ich finden in bezug auf die Ähnlichkeit des Zyklus des Lebens der Zellen mit dem des Gesamtorganismus, die ich voraussetzen mußte. Es erschien mir daher als ein besonderer Fingerzeig, daß ich aus den Beobachtungen von Hodge²⁾ an Bienenzellen entnahm, daß Zellen auch altern, ebenso wie ich vorher aus denen von Mann³⁾ entnommen hatte, daß sie auch ruhen und schlafen. In bezug auf das Zusammenwirken der verschiedenen Zellen durch die Nerven bei der Trophik konnte ich mich von Magendie⁴⁾ an auf viele Vorgänger stützen. Mehr aber noch als diese veranschaulichten mir das Zusammenwirken der einzelnen Teile der Organe zu einem gemeinschaftlichen Stoffwechsel oder Zyklus, wie ich hier wohl sagen sollte, die modernen Erfahrungen, die der Organotherapie zugrunde liegen. Wie der Ausfall der Schilddrüse gewisse Störungen des Zentralnervensystems herbeiführt, die wohl nur als Ernährungsstörungen gedeutet werden können, und wie anderseits die Mängel der Bildung des Zentralnervensystems, wie sie im Kretinismus vorliegen, durch Ernährung mit aus der Schilddrüse hergestellten Präparaten geheilt oder wenigstens gebessert werden können, erschien mir geradezu als ein Beleg für die der Trophik zugrunde liegenden Verhältnisse, die ich voraussetzte. Nicht weniger schien es mir der Natur des Zyklus zu entsprechen, der den ganzen Organismus zusammenfaßt, wenn die Erfahrung zeigte, wie einzelne Organe entweder bestimmte, für das Leben wichtige Stoffe schaffen, wie die Nebenniere das Adrenalin bildet, oder zerstören wie das Pankreas den Zucker. Dann kam ich weiter auf das Eingreifen der kosmi-

¹⁾ Engelmann, Mikrometr. Untersuch. an kontrah. Muskelfas. Pfl. A. 1880, 23.

²⁾ C. F. Hodge, Die Nervenzelle bei d. Geburt u. beim Tod an Altersschwäche. Anat. Anz. 9, 23.

³⁾ Mann, G., Histol. Changes Induced in Sympath. Motor u. Sens. Nerve Cells by Function. Activity. Journ. of Anat. u. Phys. XXIX.

⁴⁾ Magendie, Leçons sur le Syst. nerveux. Journ. de Phys. exp. Paris 1824.

schen Kräfte in das Leben der Organismen, und ich erkannte da in dem positiven und negativen Heliotropismus, wie ihn Loeb schilderte, an dem Galvanotropismus, wie ihn Hermann zuerst unserer Anschauung vorführte, Belege für die Art, wie die kosmischen Kräfte in das Leben der Tiere eingreifen. Die Untersuchungen von Dewitz über den Rheotropismus belehrten mich dann darüber, wie die gesamte Gestaltung der Umgebung einen Einfluß gewinnen müsse über die innere Kraft und damit die innere Formentwicklung. Andererseits zeigten die Resultate von Arrhenius¹⁾ über die Periodizität der atmosphärischen Elektrizität und deren Übereinstimmung mit gewissen Perioden des tierischen Lebens auf eine neue Beziehung hin, die zwischen den Zyklen des letzteren und den Vorgängen in dem Bereich der kosmischen Gewalten existieren müßten. Daneben mußte es mir auffallen, wie gewisse Erscheinungen des Nervensystems, deren Periodizität die Psychiater seit lange verfolgten, hierdurch darauf hinwiesen, daß sie eigentümliche Veränderungen des Gesamtstoffwechsels oder sagen wir der Bildungstätigkeit im Organismus ihre Entstehung verdanken. Welche Beziehung mag existieren zwischen einer periodischen Manie und den Perioden, die wir auf die der kosmischen Kräfte zurückführten. Viele, viele Zwischenglieder muß es da geben. Vielleicht sind uns an leichtesten die Verbindungen durch die geschlechtlichen Erscheinungen erkennbar. Denn diese unterliegen ja bei der Frau der bekannten Periodizität. In einer amerikanischen Irrenanstalt in Baltimore wurde mir mitgeteilt, daß man auch beim Manne eine vierwöchentliche Periode in den Schwankungen des Blutdruckes gefunden habe, nicht bloß bei der Frau. Und im Blute müssen sich die geschlechtlichen Differenzen der beiden Individuen am ehesten ausprägen, wie schon die bekannten Untersuchungen über die verschiedene Zahl der Blutkörperchen bei beiden Geschlechtern beweisen.

9. Schlußfolgerungen.

Was ist das Ziel, das ich zunächst erreichen wollte? Eine Klarheit über die Frage, was eigentlich das Richtige sei: „Ist das

¹⁾ Arrhenius, Sv., Die Einwirkung kosmischer Einflüsse auf phys. Verhältnisse. Skand. Arch. f. Phys. VIII, 6.

Gaule, Kritik der Erfahrung vom Leben.

Individuum die Lebenseinheit oder die Zelle?“ Schritt für Schritt haben uns die beiden letzten Kapitel diesem Ziele näher gebracht. Zwar die Lösung haben wir nicht erreicht, aber das Feld, auf dem wir die Beantwortung dieser Frage zu unternehmen gedenken. Verfolgen wir das Unternehmen. Zunächst haben wir uns gesagt, die Differenz bestehe darin, daß für den Physiologen die Zelle ein Apparat sei, durch den der Organismus bestimmte Aufgaben löse, für den Morphologen aber ein Keim, aus dem sich der Organismus selbst entwickle. Nun hat uns der erste Abschnitt bereits gezeigt, daß bei den lebenden Wesen zwischen Kräften und Formen eine besondere Beziehung existiere. Die Formen dienen bei ihnen zur Aufspeicherung, wie zur Entwicklung von Kräften. Wenn die Zelle ein Keim ist, so sind ihre Formen die aufgespeicherten Kräfte, wenn sie ein Apparat ist, so dient sie dazu, die Kräfte zu entwickeln. Die Arbeiten der ersten Gruppe im 7. Kapitel dienen dann dazu, klar zu machen, wie diese Formen sich ändern in dem Maße, als die zu entwickelnden Kräfte andere wurden. Auch im Leben speichert der Organismus in Formen Kräfte auf, um andere zu entwickeln. Es existiert also eine gewisse Harmonie zwischen der Zelle als Apparat und der Zelle als Keim. Die Ergänzungen zu dieser Gruppe im 8. Kapitel belehren uns dann weiter, daß sich diese Harmonie nicht bloß beziehe auf die inneren mikroskopischen Formen derselben, sondern auch auf die äußeren makroskopischen Formen der Organismen. Aber diese Harmonie mag eine ganz allgemeine aus der Natur des Lebens überhaupt abzuleitende sein. Nun belehren uns aber weiter die Arbeiten der dritten, fünften und sechsten Gruppe und die zu ihnen gehörigen Ergänzungen, daß zwischen den Formen der Zelle als Apparat und den Formen der Zelle als Keim eine gewisse innere Beziehung besteht. Zuerst sahen wir, das Leben ist ein Zyklus, indem eine fortwährende Änderung der Stellung der Atome und Moleküle gegeneinander stattfindet. Sodann, die Änderung des Chemismus ist nicht bloß mit einer Entwicklung oder Bindung von Kräften sondern auch mit einer Änderung der Formen verbunden. Endlich diese Änderung der Formen gipfelt in der Bildung der Geschlechtsprodukte. Verbinden wir nun das zweite Resultat mit dem ersten, wonach die Formen die Apparate zur Entwicklung der Kräfte darstellen, so kommen wir zu dem Schlusse, die während des Lebens in der Zelle als Apparat entwickelten For-

men haben zum Ziel die Bildung der Geschlechtsprodukte. Betrachten wir dagegen die in der Zelle als Keim entstehenden Formen. Sie verdanken ihre Entstehung der Wirkung der Geschlechtsprodukte aufeinander. Indem diese Formen entstehen, verschwinden die Geschlechtsprodukte als solche. Der eine Vorgang ist also die Umkehrung des anderen, dort werden die Geschlechtsprodukte gebildet, hier verschwinden sie, immer unter einer Entwicklung von Formen, unter Freiwerdung oder Bindung von Kräften. Aber nun kommen wir zu dem letzten Teil unserer Frage. Worin besteht der Gegensatz zwischen Individuum und Zellenstaat? Warum spielt die Zelle als Apparat nur eine Rolle, als Teil des Ganzen, als Keim aber ist sie dem Ganzen gleich? Man muß sich da zunächst klar werden, daß man mit einem Wort benennt, unter einem Begriff begreift, was doch unter sich nicht völlig gleich ist. Als Keim des Ganzen, dem Ganzen ebenbürtig, kann doch nur die befruchtete Eizelle gelten, ihr sind aber doch die Apparatzellen nicht völlig gleichwertig. Sind die Apparatzellen etwa Teile der Eizelle? Sie sind Teile des Organismus, aber nicht Teile der Eizelle. Wie verhält sich nun das? Aus der zweiten Gruppe der Arbeiten haben wir entnommen, daß in der Zelle selbst wieder Teile stecken, die sich zu selbständigen Wesen entwickeln können. Wie der Organismus kompliziert ist, so ist es auch sie. Aus den Ergänzungen zu dieser Gruppe ersehen wir dann, wie verschieden solche selbständige Lebewesen sich vereinigen können, wie sie zusammenleben können, eine neue Kombination bildend. Ein resultierender Zyklus entsteht, der alle einzelnen Zyklen umfaßt. Aber jedes einzelne Lebewesen durchläuft seinen Zyklus. Dabei entwickeln nicht alle die gleichen Kräfte, nicht alle sind den gleichen Kräften unterworfen. Nicht alle bilden dieselben Formen als Apparate für ihre Lebens-tätigkeiten, nicht alle speichern in den gleichen Formen die Keime für ihre zukünftigen Lebensstadien auf. In der befruchteten Eizelle müssen die Keime der künftigen Lebensstadien aller dieser Lebewesen drinliegen. Deshalb repräsentiert die befruchtete Eizelle einen bestimmten Zustand des Gesamtorganismus. Aus diesem Zustand heraus aber entwickeln sich unter dem Einfluß verschiedener äußerer Kräfte die verschiedenen Lebewesen verschieden. Damit ist der Grund für die Mannigfaltigkeit der Zellformen des werdenden Organismus gegeben. Neue Keime be-

dingen neue Apparate, und immer sind es die äußeren Kräfte, welche den Anlaß zur Entwicklung geben, immer die inneren Keime, welche die Formen bedingen. Alle die so sich entwickelnden Zyklen werden zusammengefaßt von dem resultierenden Zyklus des Gesamtorganismus. Dieser ist die Einheit, die das Leben des Individuums umfaßt. Damit ist die Aufgabe gegeben, die unserer zweiten Abteilung der speziellen Analyse zufällt. Inwiefern können wir, wenn wir uns diese Einheit von den verschiedenen Seiten ansehen, die unsere Methoden zu veranschaulichen gestatten, darin die Komponenten erkennen, aus denen sie aufgebaut ist ?

II.

Spezielle Analyse.

Tatsachen, auf welchen die Kritik der Erfahrung vom
Leben beruht.

I. Abschnitt.

Physikalisch-chemische Analyse.

I. Die Lösungen.

Wie in der ersten Abteilung auseinandergesetzt ist, sind die lebenden Wesen durchsetzt mit Wasser, das den größten Anteil an ihrer Zusammensetzung hat. Auf der Wechselwirkung der Stoffe, die gelöst in dem Wasser sind, und jener anderen, die nur suspendiert oder, wie wir auch sagen wollen, kolloidal gelöst sind, beruhen zu einem großen Teil die Lebenserscheinungen. Eine Ausnahme davon machen nur die Fette, die sich der Durchtränkung mit Wasser entziehen, deren Auftreten im Leben daher in der Regel einen Wendepunkt bezeichnet. Wollen wir das Leben studieren, so müssen wir uns vor allen Dingen mit dem Verhalten der Stoffe in diesen drei Modifikationen in Wasser gelöst, kolloid, und als Fett oder in Fett gelöst, vertraut machen. Wir beginnen mit den Lösungen, und zwar zunächst mit dem, was uns van t'Hoff über das Verhalten der gelösten Stoffe gelehrt hat, weil es für uns das wichtigste ist. Nach van t'Hoff sind die Moleküle derselben isoliert und in Bewegung. Die Geschwindigkeit derselben ist wie das Molekül eines Gases abhängig von der Temperatur. Wie die Moleküle eines Gases üben sie auf die Begrenzung des Raumes, in dem sie sich befinden, einen Druck aus, der sich aus der Summe der Stöße der einzelnen Moleküle zusammensetzt. Von der Zahl der Moleküle in der Raumeinheit, d. h. von der Konzentration der Lösung einerseits, von der

Geschwindigkeit, d. h. von der Temperatur andererseits, ist dieser Druck abhängig. Man hat ihn den osmotischen genannt. Pfeffer¹⁾ hat diesen Druck zuerst gemessen, indem er aus Ferrocyankupfer eine Membran konstruierte, welche die Moleküle des Wassers hindurchließ, diejenigen eines gelösten Stoffes, des Zuckers aber nicht. Viele andere nach Pfeffer haben diese Messungen wiederholt, die aus der Theorie van t'Hoffs sich ergebenden Werte wurden immer wieder gefunden.

Die Versuche des Botanikers Pfeffer hatten schon die Anwendungen der Theorie auf lebende Wesen im Auge. Denn lebende Wesen umgeben sich mit Membranen, sie sind umspült von Lösungen, sie enthalten Lösungen in ihrem Inneren. Die Membranen, die als Hüllen dienen, sind den Stößen der gelösten Moleküle ausgesetzt, und bald erkannte man, daß in dem Druck, der so entstand, ein formbildendes Moment gefunden war. Auf der anderen Seite werden die lebenden Wesen doch auch teilweise durch die Hüllen, die sie umgeben hindurch, ernährt von den Molekülen der Stoffe, die sich in den sie umspülenden Flüssigkeiten befinden. Es müssen daher solche Moleküle durch diese Hüllen hindurchtreten können, während andere, für die diese Membrane undurchlässig sind, einfach auf sie aufstoßen. Man bezeichnete diese Eigenschaft als Permeabilität, und man erkannte bald, daß die Membranen eine Auswahl trafen zwischen den gelösten Molekülen. Das nannte man die Semipermeabilität, welche eine Art von Molekülen hindurchläßt, eine andere Art nicht, und die Erfahrung lehrte, daß diese Eigenschaft in den Hüllmembranen lebender Wesen sehr verbreitet ist. Sie ist eines der wesentlichsten Hilfsmittel, durch das sich Ernährung wie Form der lebenden Wesen regulieren.

Indessen ging die Belehrung, welche die theoretische Beschäftigung mit diesen Dingen für das Verständnis der Lebensvorgänge gewährte, bald noch weiter. Arrhenius²⁾ war es, welcher zuerst sagte, bei der Wanderung innerhalb einer Lösung isolieren sich die Moleküle nicht nur, sie zerfallen sogar zum Teile in die Bestandteile, die sie aufbauen, in die Ionen. Was ihn zuerst darauf brachte, war die

¹⁾ Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. Leipzig 1877.

²⁾ Arrhenius, Zeitschr. f. physik. Chemie I, 631, 1887.

Bestimmung des Molekulargewichts gelöster Salze aus dem osmotischen Druck. Man kann ein solches Molekulargewicht leicht bestimmen, wenn man drei Größen kennt, nämlich den osmotischen Druck, die Temperatur und die Konzentration des Salzes. Der osmotische Druck ist gleich der Summe der Stöße, welche die einzelnen Moleküle ausüben, so haben wir schon gesehen. Er wird, wenn die beiden anderen Faktoren gleich bleiben, um so größer sein, je größer die Anzahl von Molekülen ist, in die eine gegebene Gewichtsmenge zerfällt. Je kleiner also das Molekulargewicht ist, um so höher ist der osmotische Druck. Man hat aber in den Salzen von einer bestimmten chemischen Konstitution, z. B. wie NaCl auch in dieser einen Anhaltspunkt für das Molekulargewicht. Die Resultate, die man auf beiden Wegen erhält, stimmen nun nicht überein. Kochsalz hat nach seiner Konstitution ein Molekulargewicht von 58,5, aus dem osmotischen Druck dagegen, den eine Lösung ausüben würde, die denselben Druck ausübt, der innerhalb einer Zelle herrscht, berechnet sich ein Molekulargewicht von 37,6.¹⁾ Das kann nur so zusammenhängen, daß das Molekül NaCl in der Lösung sich noch weiter zerspaltet. Vielleicht ist der Wert 37,6 ein Anzeichen dafür, daß noch nicht alle Moleküle zerspalten sind. In der Tat bemerkt man bald, das Molekulargewicht sinkt, wenn die Lösung stärker verdünnt wird.

Der Grenzwert ist für Kochsalz erreicht, wenn die Zahl der Moleküle doppelt so groß geworden ist, als bei Annahme des aus der chemischen Konstitution sich ergebenden Molekulargewichts. NaCl wäre also in zwei isoliert sich bewegende Bestandteile zerfallen. Ein solcher Zerfall eines Moleküls in seine Konstituenten ist uns aus der Chemie nicht unbekannt, wir nennen sie Dissoziation. Wie sehr eine solche Dissoziation in dem Leben eine Rolle spielt, darüber belehren uns bald einige Beispiele. Wir wenden z. B. als Arzneimittel ein Salz an, von dem nur ein Komponent eine Wirkung ausübt wie bei den Bromiden das Brom, bei den Strychnin- und Chininsalzen das Strychnin oder Chinin, und so ist es für die Wirkung ganz gleichgültig, welche andere Komponente wir damit einführen, ob wir z. B. salpetersaures oder salzsaures Strychnin geben. Noch

¹⁾ R. Höber, Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig 1902. Für diese und zahlreiche Angaben namentl. auf S. 74 u. 77, und in den folgenden Kapiteln, bin ich diesem Werk zu Dank verpflichtet.

mehr. Wenn man zu der tief violettblauen Lösung von 60 g kristallisiertem Kobaltchlorid in 100 ccm Alkohol 100 ccm Wasser hinzufügt, so geht die blaue Farbe in rosa über. Genau das gleiche rosa entsteht, wenn man 20 ccm der purpurroten Lösung von 73 g Kobaltnitrat in 100 ccm Alkohol auch mit 100 ccm Wasser versetzt. Der Grund hiervon ist der folgende: In der alkoholischen Lösung halten die beiden Komponenten des Salzes zusammen, es existiert einesteils Kobaltchlorid, anderenteils Kobaltnitrat, welche verschieden gefärbt sind. Sobald aber Wasser hinzukommt, dissoziieren sich die Salze, und in der Lösung, die nun wässerig-alkoholisch ist, verbreitet sich in beiden Fällen nachweislich gleich viel dissoziierter Kobalt, welcher rosa ist.

Eine wässrige Salzlösung enthält also die beiden Komponenten eines Salzes nebeneinander. Die Eigenschaften jedes dieser Komponenten machen sich geltend, die der Lösung addieren die beiden Eigenschaften, und die Lösung verhält sich wie ein Gemisch.

Indessen diese Dissoziation in der Lösung hat noch ihre Besonderheiten. Welches sind die beiden Komponenten? Diese Frage ist nicht so leicht beantwortet, wie es auf den ersten Blick scheint. Nehmen wir wieder den Fall der Lösung von NaCl in H_2O . Um eine Dissoziation nach der Gleichung



kann es sich hierbei nicht handeln, denn $NaOH + HCl$ müßten sich außerordentlich schnell und unter Wärmeentwicklung wieder vereinigen. Es kann sich also nur um eine Dissoziation in Na und Cl handeln, und doch können die Dissoziationsprodukte nicht Natrium und Chlor von der gewöhnlichen Art sein. Denn Chlor ist ein deutlich riechendes, leicht austreibbares Gas, Natrium ein mit Wasser heftig reagierendes Metall; Chlorgas besteht außerdem aus Molekülen Cl_2 , während wir hier bei der Dissoziation in Lösung nach dem ganzen physikalischen Verhalten mit einzelnen Chloratomen Cl rechnen müssen. Die Dissoziationsprodukte des Kochsalzes und überhaupt der Salze sind also Stoffe ganz eigener Art. Welcher Art? Man hat nun gefunden, daß die Stoffe, die sich osmotisch auf diese Weise verhalten, noch durch ein gemeinsames Merkmal ausgezeichnet sind. Sie leiten in Wasser gelöst unter Zersetzung den elektrischen Strom, sie sind Elektrolyte oder Leiter zweiter Klasse. Die Zersetzungsprodukte scheiden sich je nach ihrer che-

mischen Natur an der positiven oder an der negativen Elektrode, an der Anode oder an der Kathode aus und heißen deshalb nach Faraday „Anionen“ oder „Kationen“ oder mit einem gemeinsamen Namen „Ionen“. Zerfallen also in den Lösungen Stoffe nach diesem Muster, so findet ein Vorgang statt, der etwas neues erzeugt. Die Leiter zweiter Klasse leiten den Strom, indem sie sich zersetzen in Ionen, sie müssen daher um so besser leiten, je mehr sie zersetzt sind. Nun beobachtet man, daß ein und dieselbe Elektrolytmenge den Strom um so besser leitet, auf je mehr Lösungsmittel Wasser sie verteilt ist. Nun haben wir vorher gesehen, daß, je verdünnter die Lösung eines Salzes ist, um so stärker ist es dissoziiert. Die Leitungsfähigkeit und der osmotische Druck führen also auf die gleiche Erkenntnis von der Dissoziation eines Salzes hin. Eine Berechnung ergibt, daß sie sogar genau übereinstimmen in dem Einfluß, den das Lösungsmittel ausübt. Die natürliche Folgerung ist anzunehmen, daß die elektrische Zersetzung und die Zersetzung durch die Lösung das Salz in die gleichen Komponenten auseinanderbrechen, d. h. daß das Salz auch in die Ionen sich dissoziiert, wenn es gelöst wird. Die Ionen sind nun Stoffe eigener Art. Na und Cl als Ionen verhalten sich nicht wie das Metall Natrium und das Gas Chlor, das wir kennen. Worin liegt die Differenz? Einen Aufschluß, vielleicht noch nicht den vollständigen, gibt uns eben das elektrische Verhalten. Vielerlei Gründe haben darauf hingeführt, den elektrischen Vorgang nach Art eines chemischen Vorgangs aufzufassen. Da dies gestattet, das Verhältnis der Ionen sich anschaulicher vorzustellen, so will ich dem hier einmal folgen. Man hätte zwei Arten elektrischer Atome, die man als Elektrone bezeichnet oder als El. Und zwar hätte man ein + El und ein — El. Wenn man in eine Lösung Elektroden eintaucht und mit Hilfe derselben einen elektrischen Strom durch die Lösung schickt, so werden durch die Anode die — El angezogen, die + El abgestoßen, durch die Kathode umgekehrt. Dasselbe muß aber auch geschehen, wenn ein Elektrolyt gelöst wird zu Kationen und Anionen. Es werden daher Ionen und Elektrone denselben Weg gehen. Man hat dies so ausgedrückt, daß man sagte, die Ionen beladen sich mit den Elektronen, oder wenn man die chemische Vorstellung weiter verfolgte, sie verbinden sich mit denselben.

Ein Ion wäre also ein Atom des Stoffes, verbunden mit dem Elektron. Daraus erklären sich vielleicht zum Teil die abweichenden Eigenschaften, welche es gegenüber dem Atom des Stoffes allein hat.

Nun erhebt sich aber alsbald die Frage, warum bemerken wir von den Elektronen nichts in der Lösung? Wenn dieselben mit den Ionen in derselben umherwandern, müßten sie doch durch ihre für uns sehr meßbaren Wirkungen kenntlich werden. Denn es handelt sich bei diesen Elektronen um ganz beträchtliche Elektrizitätsmengen. Die Antwort liegt vielleicht darin, daß die + El und die — El in ihrer Wirkung sich gegenseitig aufheben. Die Entfernungen, in die sie bei der Wanderung der Ionen voneinander geraten, sind für unsere Hilfsmittel noch immer sehr klein. Wir können nur eben spüren, daß ein Potentialunterschied unter Umständen da ist. Das erste, was man tun muß, um eine deutliche elektrische Wirkung zu spüren, ist, daß man + El und — El voneinander trennen muß. Damit ergibt sich für uns eine neue wichtige Rolle, welche der Durchtritt der Ionen durch semipermeable Membranen in dem Leben spielt. Denn ist eine solche Membran z. B. für die Anionen, aber nicht für die Kationen durchgängig, dann werden sich auf ihren beiden Seiten auch entgegengesetzte Mengen von El anhäufen, dann wird es zu einem Potentialunterschied, unter Umständen zu Strömen kommen.

2. Kolloid und Kristalloid.

Mein erstes Kapitel handelte von den isolierten, echt gelösten Molekülen, von den Bewegungen, die sie in der Lösung ausüben, von den Schicksalen, die sie daselbst erleiden. Schon in der ersten Abteilung habe ich aber davon gesprochen, daß die Stoffe, welche für das Leben am allerwichtigsten sind, nicht in einer solchen echten Lösung sich befinden. Wenigstens ist der Zustand, in dem sie sich im Wasser aufgelöst befinden, nicht dem eines Salzes oder eines Zuckers vergleichbar. Graham¹⁾ hat auf diese Differenz aufmerksam gemacht und für die dieser Art von Lösung unterworfe-

¹⁾ Graham, Lieb. A. 121, 1. 1862.

nen Stoffe den Namen Kolloide vorgeschlagen, ausgehend von Colla, dem Leim, dessen bekannte Art, eine Gallerte zu bilden, ein Beispiel für das Verhältnis zum Lösungsmittel bildete. Graham hält diesen kolloidalen Zustand für charakteristisch für die, die lebenden Wesen zusammensetzenden Stoffe und brachte sie in Gegensatz zu dem Zustand der anorganischen Stoffe, den er als Kristalloid bezeichnete. Nun brachte die Forschung weiter zwei Arten von Einsichten, die allerdings Graham noch nicht voraussehen konnte. Erstens nämlich gelingt es, zahlreiche anorganische Stoffe, sogar Schwermetalle in den kolloidalen Zustand überzuführen und zweitens können kolloide Stoffe, auch solche, die für das Leben außerordentlich wichtig sind, wie die Eiweißkörper, kristallisieren. Anorganisch und kolloidal, Kolloid und Kristalloid schließen einander also nicht aus. Richtig aber ist, daß der kolloide Zustand eine besondere Bedeutung für das Leben hat. Wir müssen deshalb versuchen, herauszubringen, worin er eigentlich besteht.

Fassen wir zunächst einmal anorganische Stoffe ins Auge, welche in kolloidalen Zustand übergehen. Da haben wir z. B. das Eisenoxydhydrat. In gewöhnlichem Zustand ist sein Molekulargewicht, wie es seiner Konstitution entspricht = $\text{Fe}_2(\text{OH})_6 \cdot 213,8$. In kolloidaler Lösung aber kann das, was wir als Molekulargewicht ermitteln, hinaufgehen, bis zu 6000. Das was hier als Einheit zusammenhält, kann nicht mehr das isolierte chemische Molekül sein, es muß eine Gruppe von solchen sein. Nun haben wir ein Zeichen dafür, daß in einer Lösung sich noch Teilchen befinden, welche die Lichtstrahlen reflektieren in dem sogenannten Tyndallphänomen. Dieses besagt, daß solche Lösungen das einfallende Licht zerstreuen. Dieses zerstreute Licht aber ist polarisiert, was das einfallende nicht war. Es muß das Licht also reflektiert worden sein, durch Teilchen, die die Fähigkeit haben, zu polarisieren.

Nun lassen sich von einem und demselben Stoff, z. B. von As_2S_3 Arsensulfid unter Umständen 4 verschiedene Arten von Kolloidlösungen herstellen. Erstens gibt es Lösungen, bei denen die As_2S_3 -teilchen unter dem Mikroskop sichtbar sind, zweitens Lösungen, bei denen das nicht mehr möglich ist, die aber noch keine Diffusion erkennen lassen, drittens Lösungen mit diffusiblem aber nicht filtrierbarem As_2S_3 , und viertens endlich Lösungen mit diffusiblem und auch filtrierbarem Sulfid, deren Inhomogenität sich bloß noch

im Tyndallphänomen äußert. Das sind also immer größere resp. kleinere Gruppen derselben Moleküle, die die allmähliche Steigerung bis zur Sichtbarkeit unter dem Mikroskop bedingen. Die neuesten Hilfsmittel der Optiker, einen außerordentlich starken Lichtstrahl in eine Flüssigkeit hineinzuwerfen, lassen uns in der mit bloßem Auge vollkommen durchsichtig erscheinenden kolloidalen Lösung eines Metalls, z. B. des Argentum kolloidale auch die Teilchen desselben in der Lösung mit dem Mikroskope sehen. Wir können demnach nicht im Zweifel sein, daß wir es bei der kolloidalen Lösung nicht mit isolierten Molekülen, sondern mit Gruppen von Molekülen, und zwar wie das Beispiel des Arsensulfids zeigt, mit Gruppen verschiedener Größe zu tun haben.

Wie verhalten sich nun diese Gruppen in der Lösung. Eine Erfahrung der physikalischen Chemiker sagt uns, daß die kolloidalen Lösungen keinen osmotischen Druck ausüben, während, wie wir früher gesehen haben, das Ausüben eines solchen Druckes eine besonders wichtige Eigenschaft der echten Lösungen ist. Im ersten Kapitel haben wir gelernt, wie dieser osmotische Druck sich zusammensetzt aus den Stößen, welche die schwingenden Moleküle auf die trennende Membran ausüben. Wenn die kolloidalen Lösungen keinen osmotischen Druck hervorbringen, so bedeutet das, daß die in ihnen enthaltenen Molekülgruppen sich nicht in Schwingung befinden. Betrachtet man unter dem Mikroskop diese Molekülgruppen eines kolloidalen Metalls, so sieht man dieselben allerdings in Bewegung. Aber diese Bewegung ist, wenn man die Vergrößerung, welche das Mikroskop ihr angedeihen läßt, berücksichtigt, eine sehr langsame. Sie ist auch ganz unregelmäßig, nicht eine der Temperatur proportionale, wie man sie nach der Theorie van t'Hoffs von den Molekülen erwarten müßte. Ungleich ist sie, nicht bloß in bezug auf den Vergleich der Molekülgruppen untereinander, sondern auch in bezug auf den Vergleich der Zeitmomente untereinander. Sie gleicht der Brownschen Molekularbewegung, wie man sie von suspendierten kleinsten Teilchen unter dem Mikroskope kennt. Diese Brownsche Molekularbewegung ist nur mitgeteilt, und man kommt zu dem Schluß: auch bei diesen Molekülgruppen der kolloidalen Metalle handelt es sich um mitgeteilte Bewegung, und diese Molekülgruppen sind tatsächlich nur in der Flüssigkeit suspendiert. Warum sind sie suspendiert? Weil sie so

klein sind. Warum fehlt ihnen die schwingende Bewegung? Weil sie zu groß sind, weil eine Anzahl Moleküle zusammenhängen, weil vielleicht ein Molekül die Bewegung des anderen aufhebt.

Was ist nun die Bedeutung dieses Zustandes für das Leben? Schon in dem ersten Abschnitt der ersten Abteilung habe ich ausgesprochen, daß eine besondere Begründung des Lebens in der Beziehung zwischen Kraft und Form bestehe. Nun haben auch die nicht kolloidalen Moleküle die Tendenz, in eine Form überzugehen. Diese Form ist eben die Kristallform. Bei dem Übergang in diese Form, ebenso wie aus dieser Form in die Lösung werden auch gewisse Kräfte entwickelt, wie die physikalischen Chemiker immer deutlicher beobachten. Es liegt aber zwischen dieser Annahme einer bestimmten Form in den Kristallen und der echten Lösung eine große Kluft. Dort die feste Vereinigung einer Anzahl Moleküle, ohne Veränderung für Jahre und Jahrhunderte, hier das isolierte Schwingen der Moleküle, die unaufhörliche Ortsveränderung nur unter dem Einfluß der Temperatur. Zwischen den beiden stellt die kolloidale Lösung eine Art Zwischenzustand dar. Die Moleküle sind nicht isoliert, sie sind in Gruppen vereinigt. Darin ist schon die Annäherung an den festen Aggregatzustand gegeben. Aber diese Gruppen sind noch so klein, daß sie sich nicht ausscheiden, daß sie noch suspendiert sind in dem Lösungsmittel. Einesteils hat man die Annäherung an die Bildung der Form, anderenteils die Suspension in der Lösung, die der Entwicklung der Kräfte günstig ist. Ein solcher Zwischenzustand ist aber den lebenden Wesen, die charakterisiert sind durch ihre Verknüpfung von Kraft und Form, durch ihre fortwährende Veränderung der Form unter Kraftentwicklung besonders günstig. Die Anekdote aus der Autobiographie von C. E. von Bär, die ich im ersten Abschnitt erzählte, legt Zeugnis dafür ab, wie dies anschaulich erkannt wurde. Nun gibt es aber noch ein Experiment, welches zeigt, daß in dieser kolloidalen Lösung, nicht bloß innerhalb der Molekülgruppen eine gewisse Form herrscht, sondern wie auch die Molekülgruppen in ihrer Suspension zueinander eine gewisse Form herstellen. Wenn man nämlich eine solche kolloidale Lösungen in passender Weise ausfällt, so bekommt man eine wabenartige Struktur. Die Molekülgruppen und das Lösungsmittel sind nicht überall in gleicher Anordnung. Räume, in denen das Lösungsmittel vorwiegt, werden umschlossen von

Wänden, in denen die Molekülgruppen vorwiegen, oder auch umgekehrt. Worauf das nun beruht, werden wir in folgendem Kapitel sehen.

3. Anorganische und organische Kolloide.

Es gibt nicht bloß organische, es gibt auch anorganische Kolloide. Unter den letzteren ist vielleicht das am längsten bekannte, die kolloide Kieselsäure. Was nun für die organischen Kolloide gilt, namentlich was ihre Suspension im Wasser, das Durchdringen der Molekülgruppen mit Wasser betrifft, das gilt auch für die anorganischen. Eine Frage, die uns nun zu interessieren beginnt, ist, wie verhält sich die Kombination eines anorganischen mit einem organischen Kolloide? Wenig Versuche scheinen darüber angestellt zu sein. Kühne¹⁾ hat zuerst Versuche gemacht, aus kolloidaler Kieselsäure Nährböden für Organismen zu gewinnen. Damit meint er freilich nicht, daß sich die Organismen von der Kieselsäure ernähren sollen, sondern er meint, daß dieselbe ein festes Stützgerüst darbieten würde, auf und in welchem die Organismen leben könnten, wie sonst in einer Leimgallerte. Er trennt die mechanischen und die chemischen Leistungen, welche ein solcher Nährboden den Organismen darbietet, und er hält diese Trennung für einen Vorteil, denn er betont, daß in einem solchen Kieselsäure-Nährboden der Stichkanal, der zur Impfung diene, sich niemals durch Auflösen des Substrates erweitern könne, sondern erst von der Zeit an als trüber Streifen sichtbar wird, wo sich genügende Mengen von Organismen entwickelt haben. Als chemisches Nährmaterial setzt er der Kieselsäure zunächst Fleischextrakt dazu, dann aber untersucht er auch den Zusatz von Kohlenhydraten und Eiweißkörpern. Die ersteren verursachen keinerlei Störungen, unter den letzteren findet er das Natronalbuminat besonders geeignet. Dabei macht er folgende für uns wichtige Erfahrung: „Natronalbuminat nach Lieberkühns Vorschrift fast rein bereitet und durch Abdampfen auf dem Wasserbad ziemlich konzentriert von kaum bemerkbarer alkalischer Reaktion, wird durch die Kieselsäure zuerst etwas getrübt, und es

¹⁾ Kühne, Kieselsäure als Nährboden für Organismen. Zeitschr. für Biol. XXVII n. F. IX.

mag auch sein, daß sich beim Kochen ein wenig in den kaum zerstörbaren Schaum abscheidet; was man davon jedoch wasserklar abfiltriert, erweist sich noch reich an Albumin und koaguliert durch den gewöhnlichen Zusatz von NaCl ohne Trübung vortrefflich.“

Hier hat man ein Beispiel von dem, was möglich ist. Dieses Natronalbuminat ist der Typus eines organischen Kolloids, und die Vermischung desselben mit dem anorganischen gelingt vortrefflich. In all den Maschenräumen des anorganischen Kolloids findet sich das organische, sonst könnte es nicht die Mikroorganismen ernähren, in allen Maschenräumen des organischen findet sich das anorganische, sonst könnte es nicht als Stützgerüst dienen. Dabei stört kein Kolloid das andere, sonst könnte die Mischung nicht wasserklar filtrieren. Wie aber trotzdem die organischen Substanzen die Eigenschaften dieser anorganischen Grundsubstanz beeinflussen können, zeigt uns gleich die weitere Bemerkung Kühnes „Amphopepton aus Fibrin mit Pepsin und Antipepton durch Trypsinverdünnung bereitet, beide frei von Albumosen, und mit Phosphorwolframsäure weiter gereinigt erzeugen in keinem Verhältnis Ausscheidungen, verzögern jedoch die Gerinnung der Kieselsäure durch Sieden mit Kochsalz beträchtlich usw.“.

Endlich sagt Kühne: Ein Vorteil der in Kieselsäure angekommenen Kulturen liegt darin, daß man sie, in dünnen Stückchen der Gallerte eingefangen nicht nur bequem mikroskopisch untersuchen, sondern auch in fixiertem Zustande weiteren chemischen Behandlungen unterwerfen kann.

So werden denn für uns die Fragen wachgerufen, ob es sich nicht auch bei den lebenden Wesen, die wir im Auge haben, um eine Trennung der mechanischen Leistungen von den chemischen handelt. Deutet der konstante Aschegehalt der organisch gefundenen Stoffe, namentlich der Eiweißkörper darauf hin, daß sich innerhalb des organischen Kolloids noch ein anorganisches findet? Ist dieses Stützgerüst deshalb so wenig wahrnehmbar, so wenig hinderlich für die Bewegungen, weil es sich um ein anorganisches Kolloid handelt, welches sehr viel Wasser aufgenommen hat? Lehren uns doch die Chemiker, daß man ein Kieselsäurekolloid fast unbegrenzt verdünnen kann, ohne daß es den Kolloidcharakter einbüßt. Und muß es gerade Kieselsäure sein, oder muß es allein Kieselsäure sein? Können nicht auch andere anorganische Stoffe

das Material für ein solches kolloidales Gerüst liefern? Muß endlich die Beziehung zur organischen Substanz ganz identisch sein, kann z. B. immer nur die anorganische als Stütze, die organische als Einlagerung vorhanden sein, kann es nicht auch umgekehrt vorkommen? Das sind Fragen, zu deren Beantwortung uns vorläufig das Material fehlt, ich werfe sie auf, damit man an diese Möglichkeiten denke.

4. Suspension, Quellung, Koagulation und Fällung.

Wenn man, wie im vorletzten Kapitel berichtet wurde, eine wabenartige Struktur der Kolloidlösung bei der Ausfällung beobachtete, so kann man dasselbe auch auf dem umgekehrten Wege wahrnehmen. Man kann auch Wasser in ein Kolloid eindringen lassen, und indem dasselbe allmählich aufquillt, bemerkt man auch eine Gliederung von zweierlei Arten von Räumen, in denen sich Kolloid und Lösungsmittel verschieden zueinander verhalten. Graham¹⁾ hat zuerst diese Erfahrung gemacht, und er nannte die Räume, in denen das Wasser überwog, Hydrosol; die, in denen das Kolloid überwog, Hydrogel. In den ersteren näherte sich das Kolloid der Solution, daher der Name Hydrosol, in den letzteren der Gallerte oder Gelatine, daher der Name Hydrogel. Gewöhnlich umfaßte das Hydrogel das Hydrosol, es konnte aber auch umgekehrt sein. Nun hat man sich zunächst das doppelte Verhalten von Kolloid und Lösungsmittel durch ein Beispiel, das eine einfache Anschauung gibt, erläutert. So ist z. B. Äther in Wasser löslich, aber auch Wasser in Äther. Gießt man z. B. Äther in Wasser, so erhält man zunächst Lösungen von Äther in Wasser. Übersteigt nun die Menge des zugegossenen Äthers seine Löslichkeit im Wasser, so bleibt ungelöster Äther, und dieser löst seinerseits Wasser auf. Man hat also 2 Dinge nebeneinander: Wasser, das Äther aufgelöst hat, und Äther, der Wasser aufgelöst hat. Ähnlich ist es nun mit den kolloidalen Lösungen in Wasser. Wasser löst die Kolloide, und die Kolloide lösen Wasser. In dem Hydrosol hätte man den ersteren, in dem Hydrogel den letzteren Zustand. Bald aber erhebt man die Frage, was begründet eigentlich das Verhältnis von Kolloid und Lösungsmittel in dem einen und in dem

¹⁾ Graham, Lieb. Ann. 121 (1861).

anderen Falle? Wenn die Kolloide aus Molekülgruppen bestehen, die in dem Hydrosol, im Lösungsmittel suspendiert sind, im Hydrogel das Lösungsmittel in ihren Maschen enthalten, was bedingt diesen Gegensatz? Und was bedingt weiter das Verhältnis zum Lösungsmittel? Im vorletzten Kapitel habe ich gesagt, diese Molekülgruppen sind suspendiert, weil sie zu klein sind, um auszufallen. Aber die Schwere wirkt doch auch auf kleine Massen. Was für eine Kraft ist es also, die hier der Schwere entgegenwirkt? Da erinnern wir uns nun an eine Erfahrung bei den lebenden Wesen, über die ich schon im vorigen Abschnitt gesprochen habe. Es sind immer gewisse Salze in den kolloiden Lösungen der Eiweißkörper vorhanden. Immer wieder tritt uns dieses Faktum entgegen, wo wir es mit den lebenden Wesen oder mit den Eiweißkörpern zu tun haben, so daß uns die Existenz eines salzfreien Eiweißes als ein Unikum erscheint, ein Unikum, dessen Existenzfähigkeit noch von vielen bestritten wird. Was haben nun die Salze mit den Eiweißkörpern zu tun? Die Beobachtung lehrt uns bald, daß sie auf die kolloidale Lösung oder Suspension, wie wir jetzt sagen wollen, einen Einfluß haben. Die Eiweißkörper fallen sowohl aus, wenn wir die Salze wegnehmen, als wie sie suspendiert werden, wenn wir sie zufügen. Das heißt, wenn wir die richtigen zufügen. Wir bemerken, daß zunächst ein Unterschied vorhanden ist in bezug auf die Reaktion. Nicht alle Salze reagieren neutral, manche auch alkalisch, manche sauer. Man bemerkt, daß die alkalischen oder die sauren Salze den oder jenen Eiweißkörper besser lösen. Die freien Alkalien und die freien Säuren sind in der Beziehung noch flinker, nur dürfen sie nicht konzentriert, sie müssen verdünnt sein. Es kommt also auch auf das Lösungsmittel an. Was sind nun Alkali oder Säure, wenn wir von der speziellen Natur des Stoffes absehen? Ja sie sind der Ausdruck eines elektrischen Gegensatzes, sie bedeuten einen Zustand, indem die einen sich an der Kathode, die anderen an der Anode eines elektrischen Stromes abscheiden. Da erinnern wir uns aus Kapitel 1, daß auch die Salze in verdünnter Lösung entsprechend einem solchen elektrischen Gegensatz zerfallen in Anionen und Kationen. In verdünnter Lösung aber sind die Salze immer in den kolloiden Eiweißsuspensionen. Wo die Salzlösung konzentriert wird, da beeinträchtigt sie die Suspensionsfähigkeit des Eiweißes. Es ist also wahrscheinlich die Gegenwart

von Anionen und von Kationen in der Flüssigkeit, die die Suspension des Eiweißes bedingt. In dieser Auffassung wird man bestärkt durch das Verhalten der zwei- und der dreiwertigen Glieder der Salze. Bei diesen wiederholt sich der Vorgang der Bindung, welcher der elektrolytischen Spaltung in Anion und Kation entgegengesetzt ist, zwei- oder dreimal. So gut wie nun Anione und Katione das Eiweiß lösen können, so gut können sie auch, wenn sie gerade den der Lösung entgegengesetzten Vorgang anregen, dasselbe aus der Lösung niederschlagen. Wir wollen das ausflocken oder koagulieren nennen. Nun kann das Eiweiß sowohl den Charakter einer Säure wie einer Basis annehmen, und wir wollen das, um gleich auf den Grund unserer jetzigen Betrachtung zu kommen, ausdrücken als positiv oder negativ. Läßt man nun ein und dasselbe Eiweiß so oder so in einer Lösung erscheinen, so kann man sich die Bedeutung der Wertigkeit wie des Ionencharakters sehr gut veranschaulichen. Man findet nämlich

Eiweiß positiv.

Es koagulieren

sofort $Al_2(SO_4)_3$
 $Cu SO_4$
 $K_2 SO_4$
 $Na_2 SO_4$
 $Mg SO_4$

mehrfach geladene
 Anionen.

nicht $Cu Cl_2$
 $Cd (NO_3)_2$
 $Ba Cl_2$
 $Na Cl$

einfach geladene
 Anionen.

Eiweiß negativ.

Es koagulieren

sofort $Al_2(SO_4)_3$	bei gelindem Erwärmen $Mg SO_4$	nicht $Na_2 SO_4$
$Cd (NO_3)_2$	$Ba Cl_2$	$K_2 SO_4$
$Cu SO_4$	$Ca Cl_2$	$Na Cl$
$Cu Cl_2$		

mehrfach geladene Kationen.

einfach geladene
 Kationen.

Die Ionen nehmen somit etwas weg, was das Eiweiß in Lösung erhält. Betrachtet man, wie wir früher sahen, das was ein Ion charakterisiert, als eine elektrische Ladung, so sieht man, je stärker die elektrische Ladung eines Ions ist, um so stärker wirkt es auf die

Suspension des Eiweißes. Ist das Eiweiß gleichgeladen, so fällt das Ion aus, ist es entgegengesetzt geladen, so wird die Suspension begünstigt. Eine doppelte, eine dreifache Ladung durch eine doppelte oder dreifache Wertigkeit, wirkt doppelt oder dreifach gegenüber der einfachen. Hardy¹⁾ zog zuerst den Schluß, daß die Suspension der kolloiden Molekülgruppen des Eiweißes auf einem elektrischen Vorgang beruhe. Benützen wir diese Vorstellung zunächst, um uns die wabenartige Anordnung klarzumachen. Salze, die in Anionen und Kationen zerfallen, durchteilen das Lösungsmittel und tragen eine elektropositive oder elektronegative Ladung an verschiedene Orte desselben. Das Eiweiß aber kann die Rolle einer Säure oder Basis annehmen, d. h. es kann positiv oder elektro-negativ werden. Je nach dem Gegensatz zu dem Lösungsmittel wird es an dem einen Ort das eine, an dem anderen Ort das andere. Und je nachdem es das eine oder das andere wird, ordnet es seine Molekülgruppen im Verhältnis zum Lösungsmittel. Wenn aber dem Eiweiß der elektrische Gegensatz gegen das Lösungsmittel entzogen wird, dann macht sich der Einfluß der Schwere geltend und es fällt aus. Bredig²⁾ vergleicht dieses Ausfallen des Eiweißes dem Lippmannphänomen im Kapillarelektrometer. Wie der Quecksilbermeniskus je nach der elektrischen Ladung, die er erhält, **entgegen** oder **mit** der Schwere auf und ab eilt, so auch die Molekülgruppen des Eiweißes in dem Lösungsmittel. Ausfallen aber bedeutet für das Eiweiß den Übergang aus dem in der Flüssigkeit suspendierten Zustand zu dem festen, in dem die Molekülgruppen zusammenhängen. Noch ist hierbei die wabenartige Struktur nicht verloren. Wir erkennen sie noch in dem geronnenen Blut, in der geronnenen Milch, wo die Fäden des Koagulums die Flüssigkeit in ihren Maschen umfassen. Noch ist die Konstitution des Eiweißmoleküls nicht verändert, wie uns die Gürber'schen Eiweißkristalle zeigen, die durch die Hitze koaguliert, ihre Kristallform nicht änderten.³⁾ Aber eben diese sich durchschlingenden Fäden des koagu-

¹⁾ Hardy, Journ. of Physiology 24, 158 und Hardy, Vorl. Untersuchungen d. Beding., welche d. Stabilität v. umkehrb. Hydrosolen bedingen. Zeitschr. für physik. Chemie 33, 385.

²⁾ Bredig, Anorganische Fermente 1901.

³⁾ Gürber, Kristalle von Serumalbumin. Sitzsber. d. Phys. med. Ges. Würzburg 1899.

lierten Eiweißes sind die einfachste Form der tierischen Membran, die einfachste Anlage der lebenden Wesen. Ein elektrisches Phänomen erhält die Molekülgruppen des Eiweißes in der Flüssigkeit in Suspension. Das elektrische Phänomen wurde unterhalten durch den elektrolytischen Zerfall der Salze in Ionen in der Lösung. Jede Änderung dieses Zerfalls konnte den elektrischen Zustand der Lösungsmittel und damit die Ausscheidung des Eiweißes beeinflussen. Führt diese Ausscheidung zur Bildung der Lebensformen, dann beginnen wir etwas von der leichten Beeinflussbarkeit des Lebens zu verstehen. Aber welchen Einfluß haben dann wieder die so entstehenden Formen auf die zu entwickelnden Kräfte des Lebens?

5. Elektrische Erscheinungen.

Wenn es ein elektrisches Phänomen ist, das die kolloiden Molekulargruppen in Lösung erhält, so dürfen wir uns nicht wundern, elektrische Erscheinungen überall in den lebenden Wesen auftreten zu sehen. Wir müssen uns nun zunächst nach der Quelle derselben umschauen. Erinnern wir uns zu diesem Behufe zunächst an die Nernst'sche¹⁾ Zonentheorie. Aneinander grenzen Salzsäure und reines Wasser. Die erstere diffundiert in das letztere. Aber nicht Salzsäure, nicht HCl-Moleküle sind es, die das tun, sondern diese zerfallen, wie wir das schon gesehen, in die H- und die Cl-Ionen. Die Geschwindigkeit dieser beiden ist verschieden groß, und bald würde das leicht bewegliche H dem langsameren Cl voraneilen, wenn nicht ein Hindernis für diese Trennung vorhanden wäre. Dieses Hindernis liegt in der Anziehung, welche die elektrischen Ladungen dieser Ionen aufeinander ausüben. Die positive Ladung des einen zieht die negative Ladung des anderen an, und so können sie nur durch eine unendlich kleine Entfernung voneinander sich trennen. Es ist daher nur eine unendlich kleine Zone, in der die elektrische Ladung des Wassers different wird, ein Potential darbietet. Wohl aber wird diese Zone meßbar, wenn wir diese Diffusion in einem starken magnetischen Felde vor sich gehen

¹⁾ Nernst, Theoretische Chemie 1898.

lassen. Dann üben die Kräfte desselben ihren Einfluß auf die elektrischen Ladungen aus und sind instande, die Wege der Ionen zu lenken. Ein anderes Hilfsmittel, das schon im 8. Kapitel berührt wurde, um uns von der Trennung in die elektrisch verschieden geladenen Ionen zu überzeugen, besteht darin, daß wir zwischen Anion und Kation eine Scheidewand aufstellen. Das kann nur eine Scheidewand sein, welche in unserem Versuche, das eine Ion auf seiner Wanderung hindurchläßt, das andere aber nicht. Dann müssen sich nach einiger Zeit auf der einen Seite alle Ionen mit positiver, auf der anderen Seite alle Ionen mit negativer Ladung ansammeln, und wenn man eine leitende Verbindung des Wassers auf beiden Seiten herstellt, so wird durch dieselbe ein elektrischer Strom fließen, den ein Galvanometer anzeigt. Einen solchen Strom hat man nun im tierischen Organismus an manchen Orten, namentlich im Muskel und Nerven entdeckt, und die genauere Untersuchung in neuester Zeit hat nachgewiesen, daß derselbe seine Entstehung der Trennung durch eine Scheidewand verdankt. In der Tat sind die tierischen Membranen, namentlich das, was wir Plasmahäute nennen, zu einer solchen Trennung besonders geeignet. Mannigfache Erfahrungen belehren uns, daß dieselben bald nur Anionen, bald nur Kationen durchlassen. Wenn wir uns vorstellen, daß zu den Entstehungen solcher Häute der Prozeß führen muß, den ich im vorstehenden Kapitel schilderte, nämlich die Ausscheidung des kolloidalen Eiweißes, so sehen wir sehr wohl ein, daß dieselben wieder die Quelle elektrischer Erscheinungen werden können. Elektrisch war das Phänomen, welches die Molekülgruppen des Eiweißes in Lösung erhält. Die Elektrizität wurde hervorgerufen durch die elektrische Ladung der Anionen und Kationen, in welche die Salze zerfielen. Der wabenartige Charakter der Verteilung der Molekülgruppen wurde durch die elektrischen Gegensätze hervorgebracht. Bei der Ausscheidung des Eiweißes erhielt sich der wabenartige Charakter in dem netzartigen des ausgeschiedenen Koagulums. Das alles haben wir vorhin gesehen. Kein Wunder, daß wir uns sagen, die Maschen dieses Netzes müssen so beschaffen sein, daß sie entweder nur Anionen oder nur Kationen gestatten, hindurchzugehen, je nach der Natur des Vorganges, der zur Ausscheidung führte. Vielleicht ist es auch nur eine bestimmte Art von Anion oder eine bestimmte Art von Kation, die hindurch-

kann. Nun sind Bernstein¹⁾ und Brünings²⁾ ziemlich gleichzeitig daraufgekommen, eine schon lange bekannte Erscheinung, die des sogenannten elektrischen Ruhestroms im Muskel auf diesen Durchtritt zurückzuführen. Im quergestreiften Muskel ist der Inhalt der Muskelfibrille von der Lymphe die sich zwischen den Fibrillen findet, getrennt durch eine Haut, nennen wir sie Plasmahaut. Diese Haut ist nur durchlässig für Kationen. Wenn die Salze innerhalb des Muskels sich spalten, wie sie das ja vermöge der Bewegung tun werden, so bleiben die Anionen, die positiv geladenen Ionen im Muskel zurück. Legt man nun an dem Muskel eine Verletzung an, die die Plasmahaut durchtrennt, am einfachsten einen Querschnitt, so fehlt an dieser Stelle die Bevorzugung der negativ geladenen beim Durchtritt. Beide Ionen können den Muskel verlassen, und deshalb wird diese Stelle negativ sein gegen den Längsschnitt, an dem die Anionen zurückgehalten werden. Es hat aber dieser Ruhestrom noch seine Besonderheit für unsere Analyse. Zunächst ist er doch etwas künstlich Erzeugtes, denn wir arbeiten ja mit dem unverletzten Muskel im Leben. Aber er hat Beziehung zu dem bei der Tätigkeit im Muskel entstehenden Strom, dem Aktionsstrom. Und den Weg, uns diese Beziehung zu erklären, hat Höber³⁾ gezeigt. Ihm kam es zunächst darauf an, zu erforschen, welches das Kation sei, das bei der Erzeugung des Ruhestroms aus den Fibrillen durch die Plasmahaut austrete. Zu diesem Zweck hängte er das Ende eines unverletzten Sartorius des Frosches in eine Salzlösung unter Herstellung der zur Wahrnehmung des Stromes dienenden Verbindung. Enthielt diese Salzlösung das aus dem Muskel austretende Kation in isotonischer Menge, so wurde dessen Austritt aus der Muskelfibrille, soweit sie eintauchte, verhindert. Es mußte deshalb dieser Bezirk negativer sein, als der Längsschnitt an der Mitte des Muskels, wo der Austritt des Kations in die Interfibrillarräume ungehindert stattfinden konnte. Bei der Anwesenheit verschiedener Salze bemerkte nun Höber, daß die Erfolge in bezug auf Stärke und Richtung des Stromes gestatteten, dieselben wohl

¹⁾ Bernstein, J., Neue Theorie d. Erregungsvorgänge u. elektr. Erscheinungen in d. Nerven u. Muskelfaser. Naturwiss. Rundschau III, 28.

²⁾ Brünings, W., Beiträge zur Elektrophysiologie. Pfl. A. 100, 367.

³⁾ Höber, R., Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pfl. A. 106, 599.

den Anionen wie den Kationen nach in Reihen zu ordnen. Die Stromrichtung wurde bei der Anwesenheit einiger Salze umgekehrt. Das bedeutet der ideale chemische Querschnitt, der durch das Einhängen des Muskels erzeugt wird, wird nicht nur nicht negativ, sondern sogar positiv gegen den Längsschnitt. Das bedeutet weiter eine Veränderung in der Durchlässigkeit der Plasmahaut unter dem Einfluß der Salzwirkung, und zwar sind hieran sowohl deren Anionen wie deren Kationen beteiligt. Indem Höber nun nach den Ursachen einer solchen Veränderung der Plasmahaut suchte, entdeckte er, daß die Reihe, in der sich die Anionen wie die Kationen ordnen, übereinstimmt mit dem Einfluß, welchen dieselben auf die Ausfällung der Eiweißkörper zeigen, und er schließt, es ist eben die Ausfällung der Eiweißkörper, welche die Art, wie die Plasmahaut die Ionen durchläßt und damit die elektrischen Erscheinungen bedingen. Versuche, welche Gordon¹⁾ über den Einfluß der Salze im Organismus angestellt hat, haben dann weiteren Aufschluß über die Veränderlichkeit der Plasmahäute gegeben. Wir merken uns hieraus zweierlei. Es ist also erstens nicht ein *unveränderliches* Gerüst von solchen Häuten, das den Organismus und die Zellen durchzieht. Zweitens diese Häute kommen zustande, wie wir es in den vorausgehenden Kapiteln annahmen, durch Ausfällen der kolloidalen Molekulargruppen der Eiweißkörper unter dem Einfluß der Ionen. Wir verstehen dann weiterhin die Entstehung des Aktionsstroms im Muskel. Der Reiz, sei es der direkte, oder wie im Leben, die von Nerven herstammende Erregung, ändert von innen her die Plasmahaut und damit die Bedingungen für den Durchtritt der Ionen. Davon aber werde ich gleich noch zu sprechen haben.

6. Stereochemie.

Auf den Physiologen übte es den Eindruck einer plötzlichen Erleuchtung aus, als die Chemiker auch dem Atom eine Raumerfüllung, eine Gestalt zuwiesen. Es war ja so selbstverständlich, daß das Element, welches die Materie aufbaute, auch einen Raum

¹⁾ Gordon, D., Versuche größtenteils referiert in Höber, R. u. Gordon, D., Zur Frage der physiol. Bedeutung der Kolloide. Hofmeisters Beitr. z. chem. Phys. u. Path. V, 9.

einnehmen müsse, aber man glaubte mit der Bemerkung, daß er unendlich klein sei, die Sache abgetan. Daß verschiedene Atome nicht den Raum in gleicher Weise einnehmen, daß diese Art der Raumerfüllung, die Gestalt, charakteristisch für die Atome, bestimmend für ihre Wirksamkeit sein könne, darum kümmerte man sich nicht. Ich will nicht auf all die Hoffnungen eingehen, die van t'Hoffs¹⁾ und le Bels²⁾ Hypothese, daß die Gestalt des Kohlenstoffatoms ein Tetraeder sei, erweckte. Aber an der Polarisation und an dem asymmetrischen Kohlenstoffatom hat sich zuerst verdeutlicht, die Wirkung, welche auf die Physiologie ausgeübt werden müsse von seiten der Stereochemie. Pasteur³⁾ hatte uns zuerst die Kenntnis vermittelt, wie nicht bloß Kristalle das Licht polarisieren, sondern auch gelöste Substanzen, und zwar solche von einer bestimmten chemischen Konstitution. In Lösungen hatte man es zu tun mit isolierten Molekülen, und man erkannte da zum ersten Male, wie isolierte Moleküle dasselbe leisten wie Kristalle. Pasteur aber ging viel weiter. Er zeigte, wie dieselbe chemische Zusammensetzung das Licht rechts und links oder auch gar nicht polarisieren kann, in der Rechts- und Links-Wein- sowie der Traubensäure. Und dann kam seine Trennung der verschiedenen Modifikationen durch die Auslese der enantiomorphen Kristalle des Salzes, je nachdem die Ecken dieser Kristalle rechts oder links aufgesetzt sind. Was sich also vollzieht an den isolierten Molekülen in der Lösung, die Polarisation, das hat auch wieder Einfluß auf die Kristallbildung da, wo die Moleküle sich zu Gruppen vereinigen. Und wenn dieselbe chemische Zusammensetzung das Licht rechts oder links oder gar nicht polarisieren kann, und wenn die Ursache doch in dem Molekül liegen muß, wo ist dann der Unterschied, der die verschiedene Wirkung bedingt, zu finden? Die Stereochemie fand bald darauf eine Antwort.⁴⁾ Derselbe liegt in der Stellung eines Kohlenstoffatoms zu den mit ihm verbundenen Atomen oder Atomgruppen. Jedes polarisierende Molekül enthält mindestens ein Kohlenstoffatom, das

¹⁾ van t'Hoff, *La chimie dans l'espace* 1893.

²⁾ le Bel, *Bull. soc. chim.* 22, 337.

³⁾ Pasteur, L., *Recherches sur la dissymétrie molécul. des produits organiques naturels* 18, 61.

⁴⁾ Wislicenus, J., *Über die räuml. Anordnung der Atome in organ. Molekülen.* *Abh. d. math. phys. Cl. d. Sächs. Ak. d. Wissensch.* 14.

seine 4 Valenzen, durch vier verschiedene Atome oder Atomgruppen gesättigt hat. Man nennt deshalb ein solches Kohlenstoffatom *assymmetrisch*. Je nach der Ordnung, in der diese verschiedenen Gruppen aufeinanderfolgen, wird die *Polarisation* des Lichtes bewirkt. Von besonderer Wichtigkeit erscheinen dabei H und HO, und je nachdem sie rechts oder links von dem Kohlenstoffatom stehen, wird die *Polarisationsebene* des Lichtes rechts oder links gedreht. Enthält ein Molekül zwei *assymmetrische Kohlenstoffatome* von einander *entgegengesetzter Ordnung* der H und HO-Gruppen, die mit dem Kohlenstoff verbunden sind, so heben dieselben ihre Wirkung auf, es erfolgt keine *Polarisation*. Und das gleiche findet statt, wenn sich je ein Molekül einer Verbindung, die für sich *polarisiert*, mit einem Molekül der *entgegengesetzt polarisierenden* Verbindung *racemisch vereinigt*.

Pasteur hat nun besonderen Wert darauf gelegt, daß solche *polarisierende Moleküle* nur von lebenden Wesen gebildet werden. Dieselben Substanzen, wenn sie außerhalb der lebenden Wesen gebildet werden, sind in der nicht *polarisierenden Modifikation* zu finden. Und wenn man auf eine solche nicht *polarisierende Modifikation* auf eine *racemische Verbindung*, einen Pilz aussät, so wird nur der eine Partner weggenommen, der andere bleibt zurück.¹⁾ Das lebende Wesen braucht für seinen Lebensprozeß nur eine der *polarisierenden Modifikationen*, ebenso wie es nur eine derselben bildet.

Die Ordnung der Sättigung der Valenzen des *assymmetrischen Kohlenstoffatoms*, welche die Ursache der *Polarisation* ist, muß daher in einer bestimmten inneren Beziehung zum Leben stehen. Diese Anschauung von Pasteur ist etwas in Hintergrund gedrängt worden, seit man gelernt hat, auch *polarisierende Substanzen künstlich, synthetisch darzustellen*, namentlich durch E. Fischers²⁾ Synthesen der *polarisierenden Zuckerarten*. Indessen wenn das auch gelingt, bleiben Pasteurs Argumente für die Beziehung der Ordnung der Kohlenstoffvalenzen zu dem Lebensprozeß doch bestehen. Einstweilen freilich ist eine Aufklärung in dieser Richtung noch weit entfernt. Den ersten Schritt freilich entnehmen wir

¹⁾ Landolt, *Optisch. Drehungsvermögen*. 2 A. 1898.

²⁾ E. Fischer, *Berl. Ber.* 22 u. folg.

wieder Pasteurs Beobachtungen. Die Polarisation, d. i. die Stellung von H und HO zum C in der asymmetrischen Gruppe, bedingt die Form der Kristalle. Die Stellung der Atome, ihre Gruppierung innerhalb des Moleküls bedingt die Gruppierung der Moleküle innerhalb des Kristalls.

Schon lange hatte man gewußt, daß die chemische Zusammensetzung die Kristallform bedingt. Man hatte dann zwar isomorphe Kristalle kennen gelernt und allmählich eingesehen, daß diese Isomorphie auf verschiedene Zusammensetzungen, aber Komponenten von der gleichen Wertigkeit, der gleichen Valenzzahl zurückzuführen sei. Jetzt sah man auf einmal ein, daß es auf die Gruppierung der Atome ankomme, daß der Kristall ein sichtbarer Ausdruck dieser Gruppierung sei. Die erste Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Form war damit gegeben. Und im Anschluß an Pasteur erwachte der Gedanke, daß zwischen den Formen der lebenden Wesen und ihrer Eigenschaft, polarisierende Substanzen zu bilden und zu verbrauchen, ein Band sei.

Aber lebende Wesen sind doch keine Kristalle. In ihnen ist alles veränderlich, in Bewegung, im Kristall ist alles tot und starr. Und die wichtigsten Elemente der lebenden Wesen kommen in ihnen gar nicht in Kristallform vor, die Eiweißkörper als Kolloide, die Fette als Flüssigkeiten. In den vorausgehenden Kapiteln habe ich mir Mühe gegeben zu zeigen, daß die Kolloide auch Gruppen von Molekülen sind und daß ihre Gruppierung nach bestimmten Formen erfolgt. Für die Fette behalte ich mir noch vor, einiges zu sagen. Aber schon wissen wir, daß wenn das Fett als Flüssigkeit auftritt, wir es in kugelförmigen Tropfen vor uns haben.

Nun ist uns die Stereochemie gerade in der umgekehrten Richtung noch ein Wegweiser geworden. So wie wir bis jetzt gesehen haben, daß die chemische Zusammensetzung die Ursache ist für die Form, so lernten wir durch sie auch kennen, wie die Form die Ursache sei für die chemische Zusammensetzung.

Es gibt nämlich gewisse Verbindungen des Stickstoffs, die Oxime, welche in zwei verschiedenen Modifikationen vorkommen.¹⁾ Gerade wie bei den polarisierenden Verbindungen ist die Zusam-

¹⁾ Hantzsch, Grundriß d. Stereochemie 1893 u. Hantzsch u. Werner, Berl. Ber. 23.

mensetzung, die Konstitution aus Atomen bei beiden vollkommen gleich. Es handelt sich um die Gruppierung, die verschieden ist. Hier ist es die Stellung des N zum O, die den Ausschlag gibt. Projizieren wir dieselbe auf einer Ebene, wie wir einstweilen müssen, so steht das eine Mal der O rechts, das andere Mal links vom N. Dabei kommt dann noch das Stammmradikal in Betracht, so daß der Stickstoff das eine Mal nach der einen Seite, das andere Mal nach der anderen Seite gebogen erscheint. Die eine Modifikation ist nun stabil, die andere labil, d. h. eine geringe Veränderung der äußeren Bedingungen, eine mechanische Erschütterung sogar kann sie zerstören. So sehen wir hier auf einmal Bewegungen, die im Raume vor sich gehen, einen Einfluß auf die chemische Zusammensetzung ausüben. Die Erhaltung einer bestimmten Stellung im Raume seitens der Atome ist die Bedingung dieser Zusammensetzung.

7. Wechselströme.

Man kann die vorausgehenden Kapitel nicht lesen, ohne eine gewisse Sehnsucht zu empfinden, die Anwendung der geschilderten von der physikalischen Chemie ermittelten Kräfte auf den Organismus wirklich zu sehen. Was die Osmose leistet, haben wir zwar früher schon zum Teil geschildert, was die Oxydation und der Zerfall durch elektrische Ströme vermag, wurde, so wollen wir einmal sagen, geahnt, denn mehr kann das, was wir darüber sagten, einstweilen nicht sein. Aber doch haben wir ein durch Experimente bestätigtes Beispiel über das, was elektrische Ströme, und zwar Wechselströme vermögen. Es betrifft das wichtigste, stickstoffhaltige Zersetzungsprodukt des Organismus, den Harnstoff, und stammt von Drechsel.¹⁾ Derselbe machte darauf aufmerksam, daß man den Harnstoff nicht, wie es gewöhnlich geschieht, als ein Biamid der Kohlensäure ansehen dürfe. Die beiden Amidogruppen, die sich in ihm finden, können nicht die gleiche Bedeutung haben, denn nur mit einer derselben, nicht mit der anderen bildet der

¹⁾ Drechsel, Über die Bildung des Harnstoffs im tier. Organismus, Arch. f. A. u. Ph. Phys. Ab. 1888.

Harnstoff Salze. Drechsel leitet ihn daher ab von der Karbaminsäure und betrachtet ihn als Amid derselben. Wenn Karbaminsäure Ammoniak in einer Lösung antrifft, so entsteht karbaminsaures Ammonium. Dieses muß nun um die Elemente des Wassers ärmer werden, damit sich daraus Harnstoff bilden kann. Drechsel sah voraus, daß unter dem Einfluß elektrischer Wechselströme ein solcher Wasseraustritt stattfinden könne. An dem einen Pol würde sich durch Zerlegung des Wassers der Lösung Hydroxyl ausscheiden, und dieses Hydroxyl würde ein Wasserstoffatom aus dem karbaminsauren Ammonium anziehen und mit demselben Wasser bilden. Im nächsten Moment kehrt sich die Richtung des Stromes um, und an der Stelle, wo sich vorher Hydroxyl ausgeschieden hat, scheidet sich nun Wasserstoff aus dem Lösungswasser aus. Und dieser Wasserstoff wirkt nunmehr anziehend auf das zurückgebliebene Hydroxyl; es wird auch dieses weggenommen.

Das Experiment gab Drechsel recht, es bildet sich wirklich Harnstoff in einer Lösung von karbaminsaurem Ammonium unter dem Einfluß von Wechselströmen. Die Bildungsstätte des Harnstoffs im Organismus ist die Leber. Und dahin verlegt auch Drechsel den Ort, wo die Wechselströme wirken. In die Leber hinein führt das Blut Kohlensäure und Ammoniak, die bei der Zersetzung der Eiweißkörper auf manchem Umweg entstehen. Schon im Blut entsteht aus der Vereinigung der beiden zuerst Karbaminsäure, dann karbaminsaures Ammonium. Die Wechselströme in den Leberzellen entziehen diesem das Wasser und machen daraus Harnstoff. Aber sind denn in der Leberzelle Wechselströme? Ja Kenntnis haben wir davon nicht, indessen Ströme, die sich in solch mikroskopisch kleinen Gebilden abspielen und die sich nicht summieren, weil sie ihre Richtung fortwährend wechseln, werden keine erkennbaren Zeichen nach außen abgeben. Aber Ursache anzunehmen, daß in den Leberzellen elektrische Ströme auftreten können, haben wir nach Kenntnis der vorigen Kapitel wohl. Wir sahen ja da, wie die Osmose elektrische Potentialdifferenzen hervorzurufen imstande ist, und an Gelegenheiten, an Notwendigkeiten der Osmose mangelt es in der Leber nicht. Warum aber Wechselströme? Ja die Richtung der Osmose ist von den Konzentrationsdifferenzen abhängig und diese Konzentrationsdifferenz wird sich mit den chemischen Umsetzungen, die dem

Leben zugrunde liegen, fortwährend ändern. Der Strom von Stoffen, den die Flüssigkeit in die Leberzellen hineinbringt aus dem Blute, und den sie wieder herausnimmt zum Blute, muß ein unaufhörlicher sein. Bedenkt man, wie die fermentativen Umsetzungen, die wir kennen, bald unter Aufnahme, bald unter Ausscheidung von Wasser vor sich geht, wie es sich bei ihnen immer um osmotische Bedingungen handelt, so ist es schwer, das Licht, welches dieses Experiment uns über das Zustandekommen der Ausscheidung von Wasser unter dem Einfluß der Wechselströme gewährt, zu überschätzen.

Hat so die Einwirkung der Wechselströme uns eine gewisse Aufklärung gegeben über die Bildung physiologisch-chemisch wichtiger Stoffe, so ist anderseits auch ihre Wirkung auf die morphologischen Vorgänge studiert worden. Kodis¹⁾ hat solche Ströme wirken lassen auf Froschlarven und die Bilder untersucht, welche das Epithel ihres Schwanzes nach längerer Einwirkung derselben auf die leitend gemachte Flüssigkeit, in der die Kaulquappen schwammen, darbot. Das Auffallendste bei diesen Bildern war nun der Zerfall von Epithelzellen in zwei Zellen, von denen die eine sich allmählich wieder zu einer Epithelzelle ausbildete, während die andere zur Wanderzelle ward, die in das unter dem Epithel gelegene Bindegewebe hineinwanderte. Perigene und endogene Zelle nannte Kodis die beiden, nach der Art wie die eine die andere umfaßt bei der Entstehung. Es ergibt sich aus diesen Experimenten, daß die Wechselströme die Ursache dieses Zerfalls einer Zelle in zwei sind. Handelt es sich hier um einen ähnlichen Vorgang, wie um den bei der Bildung des Harnstoffs beschriebenen? Wird hier auch Wasser ausgeschieden und dabei ein Molekül gespalten oder wird ein neues Molekül gebildet? Welches ist die Ursache des Zerfalls der Zelle? Freilich werden wir darüber zunächst nicht so leicht Auskunft erhalten, aber wir müssen gegenüberstellen die Wirkungen, die ein physikalischer Vorgang hat einerseits auf chemischem Gebiet, anderseits auf morphologischem.

¹⁾ Kodis, Th., Epithel u. Wanderzelle in d. Haut des Froschlarvenschwanzes. Arch. f. A. u. Ph. Phys. Ab. 1889 Supp.

8. Fett.

Schon lange habe ich die Aufmerksamkeit auf das in den lebenden Organismen vorkommende Fett gerichtet, und es ist doch so enttäuschend wenig, was ich darüber sagen kann. Wasser ist eben das allgemein übliche Lösungsmittel, und so beziehen sich fast alle Untersuchungen der Chemie und der physikalischen Chemie auf wässrige Lösungen und das Verhalten der Stoffe zum Wasser. Über Fette fehlt es uns an Tatsachen und Material.

Wir treffen übrigens das Fett in den lebenden Wesen in zweierlei verschiedener Form und Bedeutung an. Zunächst einmal in festem Zustand als Bestandteil der Plasmahaut. Noch haben wir uns mit der Natur der Plasmahäute nicht auseinandergesetzt. Wir haben nur angenommen, daß dieselben die Eigenschaft der Semipermeabilität besitzen. Aber diese Semipermeabilität bezieht sich nur auf ein bestimmtes Lösungsmittel. Wir haben bis jetzt als dieses Lösungsmittel immer das Wasser angesehen. Jetzt erweitert sich unsere Erfahrung dahin, daß das nicht immer der Fall ist. Es gibt auch Membranen, die für in Fett lösliche Stoffe semipermeabel sind, und diese Membranen müssen selbst aus Fett oder ähnlichen Stoffen bestehen. Overton¹⁾ hat nämlich gezeigt, daß die Eigenschaft der Semipermeabilität für lipoidlösliche Stoffe von dem Fettgehalt der Plasmahaut oder wie er sagt, von ihrem lipoiden Charakter abhängt. Stoffe nämlich, welche sich in Fett lösen, oder in welchen sich Fett löst, gehen durch eine solche Membran hindurch. Das Fett erlaubt ihnen, die Haut zu durchdringen, in die Zellen hineinzugelangen, während es für nicht in Fett lösliche Stoffe die Haut undurchlässig macht. Schon vor einer Reihe von Jahren habe ich darauf hingewiesen, wie das Fett für die Lebewesen die Bedingung der Individualisierung, der Sonderung von ihrer Umgebung darbiete.²⁾ Wir könnten uns z. B. nicht denken, sagte ich, wie ein Tier, das im Meere lebte, die für sein Leben notwendigen Stoffe bewahren könne, wenn nicht eine Wand vorhanden wäre, welche verhinderte, daß das Meerwasser in beliebiger Menge ein-

¹⁾ Overton, E., Über die osmot. Eigenschaften der lebenden Pflanzen- u. Tierzellen. Viertelj. Schr. d. Naturf.-Ges. Zürich 1895.

²⁾ Gaule, J., Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem d. Lebens. Leipzig 1887.

dränge, um diese Stoffe zu lösen, oder wenn auf dem entgegengesetzten Wege die Stoffe in beliebiger Weise hinausgelangen und in dem Meerwasser sich verbreiten könnten. Overton¹⁾ hat dann die Gesetze des osmotischen Drucks auf dieses Verhalten angewendet, er hat die Existenz einer solchen Membran gezeigt und ihre Bedeutung für das Leben und die Ernährung der Zelle klar gemacht. Eine besondere Beziehung erlangte aber der Fettgehalt einer solchen Membran durch die Narkose. Wesentlich fettlösende oder in Fett sich lösende Stoffe sind es, welche narkotisieren. Diese erlangen eben den Zutritt zu den Ganglienzellen, welche in dem an Fetten und lipoiden Stoffen reichsten Gewebe des Körpers, dem Nervengewebe liegen, dadurch, daß sie die Plasmahaut dieser Zellen zu durchdringen vermögen. Zu den Ganglienzellen hin aber gelangen sie auf dem Wege durch das Blut, in einer wässrigen Lösung. Sie haben eben die doppelte Fähigkeit, sich sowohl in Wasser, wie in lipoiden Stoffen zu lösen. Das Verhältnis der Löslichkeit in den beiden Lösungsmitteln bezeichnet man nun als Teilungskoeffizienten.²⁾ Je größer der Teilungskoeffizient ist, d. h. je mehr sich im Verhältnis im Wasser gegenüber den Fetten löst, desto mehr wird von dem narkotischen Mittel im Blute bleiben, je kleiner es ist, desto mehr wird die Zellhaut durchdrungen. Wo der Teilungskoeffizient mit der Temperatur schwankt, sehen wir auf die Narkose eine entsprechende Schwankung mit der Temperatur ausführen.

Experimente an Blutkörperchen lehren uns nun, wie auch hier der Ein- und Austritt von Stoffen von dieser Permeabilität der Membran abhängt. Es ist deshalb, wie ich schon bei der Osmose auseinandersetze, wahrscheinlich, daß die Verteilung im Organismus auf die einzelnen Zellen desselben wesentlich bedingt wird durch diese Eigenschaft der Plasmahaut. In ihr ist nun das Fett zwar nicht der einzige aber doch ein wichtiger Faktor. Das Fett treffen wir indessen nicht bloß in den Plasmahäuten, wir treffen es auch im Innern von Zellen, namentlich der Fettzellen. Da findet es sich in rundlichen Formen, nicht in Nadeln kristallisiert, wie es in festem Zustand tut. Wir schließen daraus, daß es sich in flüssigem Zustand befindet, worauf auch sein Hervorquellen in Tropfen

¹⁾ Overton, E., Studien über die Narkose. Jena 1904.

²⁾ Meyer, Hans, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. XLIV.
Gaulé, Kritik der Erfahrung vom Leben.

unter Druck, die eigentümliche Mischung von Estern der Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure, welche den Schmelzpunkt bedingen, hindeuten. Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, daß wir es hier mit einer Art Vorrat von Fett zu tun haben, und zwar einem Vorrat, der einem fortwährenden Wechsel unterworfen ist, wie uns die Erfahrung lehrt. Was bedeutet nun dieser Vorrat? Werden aus ihm die Zellmembranen mit ihrem Fettgehalt bestritten? Wahrscheinlich, aber wieder lehrt uns die Erfahrung, daß es hierbei sein Bewenden nicht haben kann. Wenn wir ein Tier mästen, so wird sein Fettvorrat weit größer, nicht aber der Fettgehalt seiner Zellmembranen. Es muß deshalb dieser Fettvorrat noch eine andere Bedeutung haben. Es ist auch ein Kraftvorrat, wird man ohne weiteres sagen. Das Fett ist ja diejenige Substanz der lebendigen Organismen, in der die größte Kalorienmenge, d. h. die größte Fähigkeit, Wärme zu bilden oder mechanische Arbeit zu leisten, aufgespeichert ist. Das hängt damit zusammen, daß es die reduzierteste Substanz des Organismus, d. h. diejenige Substanz, in welcher der Kohlenstoff am meisten mit Wasserstoff und nicht mit Sauerstoff verbunden ist. Die Reduktion und damit die Aufspeicherung von Kräften erfolgt aber bei den lebenden Wesen durch eine Umwandlung der Kräfte des Lichtes in Spannkräfte der Materie. Wir werden daran erinnert, daß der Beginn dieser Reduktion erfolgt durch den Farbstoff Chlorophyll, welcher aus Kohlensäure und Wasser Kohlenhydrate bildet. Und ich wurde weiter daran erinnert, als ich den Fettkörper der Frösche wachsen sah, gleichfalls unter dem Einfluß des Lichtes, während er im Dunkeln abnahm.¹⁾ Unter dem Einfluß des Lichtes aber wird auch bei den Tieren der Farbstoff Hämoglobin gebildet. Soweit die komplizierten Bedingungen des tierischen Organismus es gestatten, gehen die beiden wohl Hand in Hand, Hämoglobinbildung und Fettbildung, wie bei den Pflanzen Kohlenhydrat und Chlorophyllbildung. Woher aber werden die Fette gebildet? In jenem Falle, wo ich den Fettkörper wachsen sah, fraßen die Frösche nichts. Es mußte also das Fett aus den übrigen Bestandteilen ihres Körpers gebildet worden sein. Und diese übrigen Bestandteile sind eiweißhaltig. Man kann hier vielleicht den Einwand erheben, daß trotz der

¹⁾ Gaule, J., Über den Einfluß der Nacht. Phys. Zentralbl. XIV, 2, 1900.

verräterischen Differenz des Brechungsindex der Fettgehalt in manchen Organen sich der Beobachtung entziehen könne. In jenem anderen Fall dagegen, wo wir den mageren, d. h. fettarmen Käse unter dem Einfluß der in ihm lebenden Mikroorganismen „reifen“, d. h. fettreich werden sehen, ist das nicht möglich. Wir können nicht im Zweifel darüber sein, daß es zu den Geschehnissen des Lebens gehört, aus Eiweißkörpern Fett zu bilden. Und dieses Fett wird aufgespeichert in flüssigem Aggregatzustand als Kraftvorrat. Schon öfter aber habe ich es ausgesprochen, daß bei den lebenden Wesen keine Kraftleistung stattfindet ohne Formveränderung. Wenn die beiden so innig miteinander verknüpft sind, welche Beziehung hat denn das Fett zu den Formen? Eine doppelte und doch wieder einfache. Doppelt ist diese Beziehung für unsere Betrachtung. Jede Form beruht ja auf einer Verbindung der Moleküle untereinander. Wir lernen diese Verbindung zunächst als eine ganz feste, starre kennen in dem Kristall. In dem Kapitel über Stereochemie haben wir gelernt, wie die Art dieser Verbindung bedingt wird durch die Verbindung der Atome im Molekül, wie sie eine Art Widerspiegelung der chemischen Konstitution ist. Sodann haben wir Bekanntschaft gemacht mit der viel loseren Verbindung der Moleküle zu Gruppen in dem Kolloid. Für sie ist nicht mehr maßgebend die Beziehung der Atome zueinander innerhalb des Moleküls allein, sondern auch die Beziehung zum Lösungsmittel, zur Flüssigkeit. Endlich haben wir nun in dem Fett die Flüssigkeit selbst mit ihrer leichten Verschiebbarkeit der Teile gegeneinander. Und doch ist diese Verschiebbarkeit nicht so groß, daß die Teile dem lebenden Wesen ganz entwischen könnten, denn weil das Fett mit dem Wasser nicht mischbar ist, muß es in dem lebenden Wesen bleiben. Dem Wechsel aber zwischen den drei Zuständen, ein Wechsel, der sich gleichzeitig chemisch an den Atomen wie formell an den Molekülen vollzieht, verdankt das lebende Wesen seine innere Beweglichkeit und Veränderlichkeit.

9. Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus.

Unter diesem Titel veröffentlicht J. Traube¹⁾ in dem Moment, als ich dieses Manuskript schon abgeschlossen hatte, eine Abhandlung, die für die Feststellung unserer Anschauungen alle Beachtung verdient. Man muß, so scheint es mir, unterscheiden zwischen den physikalischen Folgerungen, die Traube aus seinen Theorien und Experimenten zieht, und den physiologischen Folgerungen. Und in bezug auf die letzteren muß man sich wieder deutlich machen, daß, sobald man einmal auf die Vorstellung der Zellen so genau eingeht, wie es Traube will, man auch die Mannigfaltigkeit der Organisation derselben beachten muß. Es kann nicht alles über einen Kamm geschoren werden. Traube geht zunächst davon aus, „daß die Differenz der Oberflächenspannungen oder der Oberflächendruck eine Kraft darstellt, welche als treibende Kraft der Osmose an die Stelle des nicht mit dem Oberflächendruck identischen osmotischen Druckes zu setzen ist“. Dieses Ergebnis hat Traube in einer vorausgegangenen Arbeit „Zur Theorie der Osmose und Narkose“²⁾ gewonnen, die sich hauptsächlich gegen Overton richtet, übrigens unter voller Anerkennung von dessen Verdienst.

Sehen wir uns nun einmal an, worauf die Differenz eigentlich hinausläuft. Was ist die Oberflächenspannung, was der Oberflächendruck nach Traube. In der vorausgehenden Arbeit, eben jener vorher erwähnten, veranschaulicht er das, indem er eine Membran zeichnet, welche zwei Flüssigkeiten A und B mit verschiedener Oberflächenspannung und dementsprechend verschiedenem Binnendrucke voneinander trennt. Ist Oberflächenspannung und Binnendruck A größer als von B, so wird nur B imstande sein, die Membran zu durchdringen.

Denken wir uns hier den einfachsten Fall gegeben, daß A und B Lösungen seien, welche dasselbe Lösungsmittel aber verschiedene gelöste Stoffe enthielten. Nach der Theorie van t'Hoffs müssen die Moleküle der gelösten Stoffe Schwingungen ausführen, und

¹⁾ Traube, J., Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus. Pfl. A. 105, 559.

²⁾ Traube, J., Zur Theorie der Osmose u. Narkose. Pfl. A. 105, 541.

die Summe ihrer Stöße auf die Oberfläche stellt den osmotischen Druck dar. Nehmen wir nicht diesen, sondern den Binnendruck, so haben wir eine zweite Komponente in Rechnung zu ziehen, nämlich die Anziehung, welche die Moleküle des Lösungsmittels aufeinander ausüben und die Resultierende aus dieser Anziehung und den Bewegungen der gelösten Moleküle wäre der Binnendruck. Vergleichen wir die beiden Flüssigkeiten A und B. Die eine Komponente, die Anziehung der Flüssigkeitsmoleküle wird in beiden gleich groß sein, denn das Lösungsmittel ist ja in A und B dasselbe. Die zweite Komponente aber, die Stöße der gelösten Moleküle sind verschieden. Wo sie größer wird, wird der Binnendruck und dementsprechend die Oberflächenspannung kleiner, denn diese ist ja die Resultierende. Wo aber diese Resultierende geringer ist, durchdringt die Flüssigkeit die Membran, sagt Traube. Wo die Stöße der gelösten Moleküle, d. h. der osmotische Druck größer ist, durchdringen dieselben die Membran, sagt van t'Hoff. Das kommt auf dasselbe hinaus. Bis auf eins, wird vielleicht Traube entgegen. Es durchdringt nicht bloß das Gelöste, sondern auch das Lösungsmittel die Membran. Und auf die innere Beziehung, die zwischen dem Gelösten und dem Lösungsmittel existieren muß, darauf macht seine Theorie aufmerksam, aber sie setzt noch keine anschauliche Vorstellung an diese Stelle. Gehen wir an seiner Hand nun einen Schritt weiter und betrachten den Gegensatz, in den er seine Theorie der Narkose zu der Overtons stellt. In der Blutflüssigkeit sind die narkotischen Mittel gelöst und sollen in die Zellen hinüber. Zwischen beiden befindet sich die trennende Membran, durch die sie hindurch müssen. Diese Membran ist fettiger Natur, sagt Overton, und hindurch können die narkotischen Mittel nur, insofern sie sich in Fett lösen. Sie sind in dem Maße narkotisch, als der sogenannte Teilungskoeffizient ihre Löslichkeit in Fett neben der in Wasser angibt. Nein, sagt Traube, die Membran zwischen den Zellen und dem Blut ist nicht einem anderen Lösungsmittel zu vergleichen, sondern einem System von Kapillaren, durch die das Lösungsmittel hindurchsteigen muß. Die Steigkraft des Wassers in solchen Kapillaren aber wird durch bestimmte Stoffe, die gelöst werden, erniedrigt, und genau in dem Verhältnis, in dem gewisse homologe Stoffe diese Erniedrigung bewirken, sind sie narkotisch. Das kommt auf das Gleiche hinaus, kann Overton er-

widern, in demselben Grade als sie in Fett löslich sind, erniedrigen auch gewisse Stoffe die Steigkraft des Wassers in den Kapillaren. Es existiert eine gewisse Beziehung zwischen beiden. Beide Vorgänge müssen für die Erklärung der Änderungen in den lebenden Wesen nützlich sein. Daß eine Zelle eine Membran hat, die aus Lipoiden gebildet ist, beruht noch auf anderen Belegen, als bloß der Narkose. Und ebenso muß man betonen, daß die Steigkraft in den Kapillaren im physikalischen Sinne, die Auffassung von trennenden Membranen als eines Systemes von Kapillaren, das Durchdringen der Membranen auf Grund der Steigkraft, wohl seine Berechtigung hat. Man kommt aber damit allein nicht aus. Am besten zeigt (dies das Beispiel, welches Traube¹⁾ am Schluß seiner Abhandlung gibt. Das Tetanustoxin steigt auf den fettreichen Nervenbahnen zum Gehirn, während das Antitoxin die Blutbahn bevorzugt. Das Toxin findet sich in der lipoidreichen Galle und Milch, aber nicht im Urin, während das Antitoxin sich umgekehrt verhält. Diese Tatsachen machen es nun fast zur Gewißheit, sagt er, daß das Tetanustoxin ein stark kapillaraktiver und damit gut diosmierender und lipoidlöslicher Stoff ist, während das Antitoxin kapillarinaktiv und damit schlecht diosmierend und in Lipoiden nicht löslich ist. Wie aber kommt es, daß das eine die Wirkungen des anderen aufhebt, füge ich hinzu. Dazu müssen sie doch auf dem Boden, von dem die Krämpfe des Tetanus ausgehen, zusammenkommen, also in der Ganglienzelle. Man sieht, daß das Leben noch andere Veränderungen in den Gebilden hervorbringen muß, daß mit *einer* Kraft allein sich die Reaktionen desselben nicht erklären lassen.

10. Wozu haben lebende Wesen einen Körper?

Im Grund war dieser Abschnitt dazu angetan, uns immer wieder auf diese Frage zu führen und sie teilweise auch zu lösen. Wir hatten vor uns zunächst die Schwingungen der ganzen Moleküle und den Vorgang der Osmose, dann betrachteten wir den Zerfall

¹⁾ Traube, l. c.

der Moleküle in Ionen und die sich daran anknüpfenden elektrischen Erscheinungen bis zur Suspension der Molekülgruppen, der Kolloide und ihrer Ausfällung. Damit war die erste Formbildung gegeben, die der Plasmahaut. Gleich knüpfte sich daran das erste Zeichen der Kraftäußerung, das wir dieser Formbildung zuschrieben in Gestalt des elektrischen Ruhestroms. Wir haben hier eine Reihe von Kraftquellen, die in Parallele stehen zu denen, die wir im nächsten Abschnitt behandeln wollen, der Sättigung der chemischen Verwandtschaften. Läßt sich irgendeine Beziehung in den lebenden Wesen zwischen diesen beiden finden? Gehen wir zunächst an die physikalisch-chemischen Erscheinungen heran. Schon haben wir gelernt, daß sie den Ruhestrom erzeugen, daß dieser in naher Verwandtschaft steht zum Aktionsstrom. Wir haben auch eingesehen, wie der Reiz die Veränderung in der Plasmahaut hervorruft, die den Ruhestrom bedingt. Höber¹⁾ hat seine Versuche in Parallele gestellt zu denen Overtons²⁾ über den Einfluß der Salze auf die Erregbarkeit des Muskels. Es ist wahrscheinlich dieselbe Veränderung der Plasmahaut, welche den Ruhestrom wie die Erregung bedingt. Sie bereitet die Kontraktion vor, die wahrscheinlich, wie Engelmann³⁾ aussagt, unter dem Einfluß veränderter Osmose durch Quellung geschieht. Der Reiz aber löst diese Veränderung aus. Der Reiz ist die Wirkung der äußeren Kraft auf den Organismus. Unter dem Einfluß der Kräfte der Umgebung kommen diese inneren Veränderungen, die Formveränderungen, wie wir jetzt wohl sagen dürfen, zustande. Da kommt uns das Kapitel über die Perioden des Stoffwechsels wieder in den Sinn. Unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte bilden sich die Formen, welche die Ursachen der in der nächsten Periode sich entwickelnden Kräfte werden, haben wir dort gesehen. Das ist im Grunde dasselbe, was uns dieser Abschnitt auch lehrt, nur sehen wir das Wie schon etwas deutlicher. Die Kette von der äußeren Körperoberfläche, wo die Kraft wirkt

¹⁾ Höber, Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pfl. A. 106, 1905.

²⁾ Overton, Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie. Pfl. A. 92, 1902.

³⁾ Engelmann, Th. W., Mikroskop. Untersuchungen üb. d. quergestr. Muskelsubstanz. Pfl. A. 7, 1873.

durch den Nerven zum Muskel, die Veränderung der Plasmahaut derselben, der Osmose in Folge davon, der Formveränderung, die sich daran anschließt, wird uns deutlich. Wir sehen, daß wir Formen, d. h. einen Körper brauchen, um den Kräften, die in der Welt wirken, Widerstand zu leisten, um einen Platz in der Welt zu behaupten. Aber inwiefern, fragen wir dann weiter, ist diese Formbildung notwendig, um den Zyklus des Lebens zu vollenden? Konnten die chemischen Änderungen, die derselbe bedingt, sich nicht viel besser in der Lösung vollziehen? Da erinnern wir uns daran, daß wir jetzt sahen, daß diese Formen nicht unveränderlich sind. Nicht bloß die äußeren Kräfte haben Einfluß darauf sondern auch der Stoffwechsel. Höber¹⁾ zeigte, wie die CO₂ das Endprodukt desselben, die Permeabilität der Plasmahaut der Blutkörperchen ändert und damit wohl in den Blutkörperchen einen ähnlichen Prozeß hervorruft, wie wir ihn oben an der Muskelfibrille sahen. Overton²⁾ hebt hervor, wie die Plasmahaut der Zelle undurchlässig sei für die Kohlenhydrate, die man doch als Ernährer der Zelle ansehen müsse und die man auch in der Zelle findet. Die Plasmahaut kann also nicht immer in dem Zustand gewesen sein, den er untersuchte, sie muß sich geändert haben. Und von diesen Veränderungen bin ich ausgegangen. Jener Zyklus, den ich dem Typus des tierischen Lebens zugrunde legte, geht von den Kohlenhydraten zum Fett und wieder zurück durch die Eiweißkörper hindurch. Alle diese Veränderungen der Plasmahaut und ihres Inhalts müssen in demselben begriffen sein. In dem Kapitel über Fett habe ich mich bemüht, darauf aufmerksam zu machen, welchen Einfluß es haben muß, wenn anstatt des Wassers Fett als Lösungsmittel auftritt. Welche Bedeutung hat es nun, daß diese Formen mit den physikalisch-chemischen Kräften, wie wir sie in diesem Abschnitt kennen lernten, eingeschaltet sind in den chemischen Zyklus? Ja da spielen aber die kosmischen Kräfte der Welt ihre Rolle. Auseinanderfliehen würden die chemischen Atome, wenn sie bloß dem Einfluß der chemischen Kräfte unterworfen wären. Inmitten

¹⁾ Höber, R., Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Frostmuskels. Pfl. A. 106, 1905.

²⁾ Overton, E., Beiträge zur allgem. Muskel- u. Nervenphysiologie. Pfl. A. 92, 1902.

des Zyklus bilden sich die Formen aus unter den Einflüssen, die wir kennen lernten, sie begegnen den äußeren Kräften, sie werden von diesen beeinflußt, und sie zerfallen wieder, nachdem die Bahn der Atome eine Ablenkung durch diese Kräfte erlitten hat. Das Beispiel des Muskels, wie wir es später noch besprechen werden, ist uns für diese Ablenkung besonders anschaulich. Unablässig aber geht das Spiel der inneren Veränderungen, der Aufnahme in die Formen und die Wiederzerstörung derselben weiter, denn alles, was dem Zyklus unterliegt, muß ja durch die Formen passieren.

II. Abschnitt.

Physiologisch - chemische Analyse.

I. Der Stoffwechsel und seine Aufgaben.

Schon in der allgemeinen Analyse habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie wir in allen lebenden Wesen die gleichen Stoffe antreffen, wie das Leben als ein gleichartiger chemischer Prozeß erscheint, wo immer er sich auch vollzieht. Die physiologisch-chemische Betrachtung vergrößert diese Analogie noch. Ob wir das Protoplasma von *Aethalium septicum*, dem Pilz der Gerberlohe, oder das Protoplasma der Zellen der höheren Tiere untersuchen, immer treffen wir dieselben Stoffe. Aber nicht nur diese Grundstoffe, die eigentlich aktiven Elemente des Lebens, sind dieselben, die neuere Untersuchung ergibt uns eine große chemische Analogie zwischen denjenigen Substanzen, die Nebenzwecken dienen, so groß auch die Differenz sein mag, die sich bei der Erfüllung dieser Nebenzwecke zeigt. Schon früher habe ich erwähnt, wie der Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll, und der der Wirbeltiere, das Hämoglobin, nahe Verwandte sind. Wo man auch weiter die Farbstoffe der Tierwelt, z. B. bei den Schmetterlingen¹⁾ untersucht, immer entdeckt man, daß in ihnen derselbe chemische Kern, das Pyrrol steckt. Drechsel²⁾ hat die sämtlichen Hüll- und Gerüstsubstanzen der Tierwelt, also diejenigen Stoffe, welche die Tiere hervorbringen, um ihren Körper gegen die Außenwelt einzuhüllen,

¹⁾ Linden, Gräf. v., Morph. u. phys. chem. Unters. u. Pigmente d. Lepidopteren. Pfl. Arch. 98.

²⁾ Drechsel, Chemie d. Absonderungen u. Gewebe. Hermanns Handbuch d. Phys. V.

sowie diejenigen, welche teils den ganzen Körper stützen als Interzellularsubstanzen, oder welche als Gerüst für die Bestandteile der Zellen dienen, in 4 Gruppen eingeteilt. Diese Einteilung geschah nach rein chemischen Gesichtspunkten. Es umfaßt die I. Gruppe stickstofffreie Kohlenhydrate, welche bei der Spaltung Zucker geben, die II. Gruppe stickstoffhaltige Kohlenhydrate, welche bei der Spaltung reduzierende Substanzen (Zucker, Glykosamin) aber keine Amidosäuren geben. Die III. Gruppe besteht aus Stoffen, welche bei der Spaltung keine reduzierenden Substanzen, wohl aber Amidosäuren aus den Reihen der Ameisensäure und der Malonsäure geben. Die IV. Gruppe enthält Stoffe, welche bei der Spaltung keine reduzierenden Substanzen aber außer den Amidofettsäuren auch Tyrosin liefern.

Die Betrachtung, daß wir in der ersten Gruppe das Tunicin, den Stoff des Mantels der Tunicaten treffen, das mit der Wandung der Pflanzenzelle, der Zellulose, der Grundlage des Holzes, der Leinwand, der Baumwolle identisch ist, daß wir in der zweiten Gruppe das Glykosamin haben, welches sowohl bei der Spaltung des Chitins der Käfer, wie aus der Chondroitinschwefelsäure im hyalinen Knorpel der Wirbeltiere abgespalten wird — diese Betrachtung führt uns in der gleichen Richtung weiter. Und daran reiht sich ganz natürlich, daß wir so verwandte Stoffe, wie die Amidohydracrylsäure in der Seide und die Amidopropionsäure in der Wolle finden, und daß beide zu den Amidofettsäuren der Eiweißkörper und des Leimes in naher Beziehung stehen. Weiter habe ich schon darauf aufmerksam gemacht, wie bei den fettähnlichen Körpern, dem Triolein der Pflanzenfette, Tristearin und Tripalmitin bei den Tieren, gemischt mit Triolein, gegenüberstehen, wie sich das Phytosterin der Pflanzen zu dem Cholesterin der Tiere verhält. Betrachtet man die Lecithine, so findet man, daß die in ihnen enthaltene Base Cholin ihre nächsten Verwandten in dem Muscarin des Fliegenpilzes und in dem Betain der Zuckerrübe hat. Dann scheint auch der Übergang nicht weit zu den Tetra- und Pentamethylaminen, die die Fäulnisbakterien produzieren, den gefürchteten Ptomainen. Von diesen aber wieder scheint es einen Übergang zu geben zu den Eiweißkörpern, seit man die Piperazinstruktur des zugrunde liegenden wasserfreien Ringes erkannt hat. In den Eiweißkörpern selbst aber finden sich bei Tieren wie Pflanzen die gleichen Spaltlinge.

Arginine, Lysine, Histidine, Leucine, Tyrosine hier wie dort; die komplizierteren Kerne der Protamine aus den Spermatozoen und das Glutokyrin aus dem Leim sind ganz ähnlich. Ebenso spalten sowohl das Keratin wie die übrigen Eiweißkörper den Schwefel in dem Cystin ab. Die Nukleine zeigen überall mit der Phosphorsäure verbundene Purinbasen, ob wir sie aus den Spermatozoen oder aus den Kernen, aus Tier- oder Pflanzenzellen oder aus Pilzen gewinnen. So deutet alles darauf hin — wie es nur ein Leben gibt, so gibt es nur einen Stoffwechsel. Wie die Stoffe, so werden auch die chemischen Prozesse, welche sie hervorbringen, überall die gleichen sein. Und das wird uns bestätigt dadurch, daß die Hilfsmittel für die Prozesse überall die gleichen zu sein scheinen. Von der Gärung ging unsere Kenntnis aus, daher nannten wir diese Hilfsmittel Fermente. Zuerst sah man das Leben der Wesen, welche die Gärung veranlassen, als das wirkende Element an und sprach von den geformten Fermenten. Später erkannte man, wie man aus der Hefe auch das Ferment extrahieren konnte und reihete es so den Verdauungsfermenten an, deren Bekanntschaft man unterdessen gemacht hatte. Im Anschluß an die letzteren verfolgte man dann die Diastase durch den ganzen Körper. Man entdeckte, daß auch die Pflanzen, wenn sie Eiweiß verdauen, sich ähnlicher Fermente bedienen wie die Tiere. Daß auch die Oxydation auf einem Ferment, der Oxydase, beruhe, war eine der nächsten Entdeckungen, und seitdem haben wir mit der Laccase, der Katalase, der Guanase, der Adenase Bekanntschaft gemacht, bis wir zu der Meinung gekommen sind, daß jede chemische Umsetzung, in welchem lebenden Wesen sie sich auch vollziehe, auf einem Ferment beruhe.

Aus der Fülle dieser Einzelumsetzungen setzt sich nun der Gesamtstoffwechsel zusammen. Wie kann man ein Bild davon bekommen, welchen Charakter er eigentlich habe, oder was seine Aufgabe sei? Durch ein Ordnen der Substanzen, nach dem Verhältnis der Ein- und Ausfuhr. Auf der einen Seite hat man die allgemeinen Endprodukte Kohlensäure und Wasser, auf der anderen diejenigen, welche die Affinität des Kohlenstoffs und Wasserstoffs am wenigsten durch Sauerstoff gesättigt haben, welche also am meisten Kräfte in sich aufspeicherten, Kalorien entwickeln können. Das sind die Fette. Zwischen diesen beiden Polen bewegt

sich der Stoffwechsel, und zwischen diese beiden Pole schieben sich alle übrigen Stoffe ein, die wir in den lebenden Wesen antreffen. Da immer wieder Fette aus Kohlensäure und Wasser entstehen und immer wieder Fette zu Kohlensäure und Wasser zersetzt werden, so muß der Prozeß ein doppelter, ein umkehrbarer, ein zyklischer sein. Was macht es nun möglich, daß auf der einen Seite die Aufspeicherung der Kräfte, auf der anderen die Entfesselung derselben, auf der einen die Oxydation, auf der anderen die Reduktion stattfindet. Wir sehen zunächst, daß sich nicht beides in demselben lebenden Wesen vollzieht, daß vielmehr die Gesamtheit in zwei Klassen zerfällt, die Tiere und die Pflanzen. Die eine wandelt die Kräfte des Lichtes in Spannkräfte der Atome um, die andere entfesselt dieselben. Die einen wachsen, die anderen bewegen sich. Die Tiere beginnen diesen Zyklus mit den Kohlenhydraten und steigen bis zu den Fetten auf, dann gehen sie von den Fetten wieder herunter bis zur Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser. Eben diesem Überschuß in der Zersetzung über die Bildung, der Oxydation über die Reduktion verdanken sie die Kraftquelle, die ihren Bewegungen zugrunde liegt. Man hat leugnen wollen, daß die Tiere überhaupt Fett bilden. Aber dieses Leugnen bezieht sich nur auf die eigentlichen Fette, es bezieht sich nicht und kann sich nicht beziehen auf die Lipoide Cholesterin und Lecithin, und bei diesen ist die Reduktion nicht geringer. Wenn nun die Eigentümlichkeit der Tiere die Bewegung ist, warum zersetzen dieselben nicht einfach die von den Pflanzen gebildeten Kohlenhydrate und gewinnen die bei ihrer Oxydation freiwerdenden Kalorien, so wie wir das in einer Maschine tun? Daß sie, um oxydieren zu können auch reduzieren müssen, das ist ein erstes Anzeichen dafür, daß dieser Stoffwechsel des Lebens einen besonderen Verlauf haben müsse. Welchen? In die Verbindungen, die sich zwischen Fette und Kohlenhydrate einschieben, tritt der Stickstoff, sowie Schwefel und Phosphor. Es entstehen die Eiweißkörper und Nukleine. Ihre Natur muß etwas beitragen zur Erkennung dieses Stoffwechsels. Warum muß der Stickstoff sich einmischen, wo es diese Oxydation und Reduktion gilt? Noch wissen wir nicht, ob diese Körper bloß in dem einen oder dem anderen Schenkel des Zyklus auftreten oder in beiden. Aber was wir gleich einsehen ist, daß das Wachsen und Vergehen des Organismus, der zum größten Teil aus diesen

Eiweißkörpern besteht, nicht ohne Beziehung zu diesem Stoffwechsel sein kann. Wo das Leben ein einfaches ist, da werden diese Stoffe, wenn das Material für sie in genügender Menge vorhanden ist, den Organismus vergrößern, sie werden in ihm abgelagert oder sie dienen zu seinem Aufbau. Tritt dagegen ein Mangel ein, so wird der Organismus in Anspruch genommen, um das Defizit zu decken und magert demgemäß ab. Wo das Leben komplizierter ist, wie beim Menschen, lehrt die Erfahrung, daß täglich eine Menge Eiweiß zugeführt werden muß, soll nicht der Körper die Folgen des Hungers tragen. Die Eiweißkörper gehören also zum Stoffwechsel, ohne daß sie dazwischentreten, kann eine Gewinnung von Kräften nicht stattfinden; so lehrt uns der Hunger. Und anderseits zeigt die Erscheinung des Wachstums, daß auch ihre Bildung zu den bei dem Stoffwechsel notwendigen Vorgängen gehört. Eine nicht weniger wichtige Rolle als die Eiweißkörper spielen gewisse Salze. Das Leben bildet sie nicht, es zerstört sie nicht, aber sie müssen vorhanden sein, wenn der chemische Vorgang, der dem Leben zugrunde liegt, sich abspielen soll. Insofern sie bei dem Stoffwechsel verloren werden, gehört ihre Erneuerung zu den Aufgaben des Stoffwechsels. Und endlich handelt es sich bei demselben um die Bildung der Geschlechtsprodukte. Diese, die Geschlechtsprodukte sind es ja, welche die Bildung immer neuer Generationen lebender Wesen veranlassen, und so unbedeutend sie ihrer Masse nach, wenigstens bei den höheren Lebewesen erscheinen, so werden wir doch allmählich lernen, welche wichtige Rolle sie spielen in diesem ganzen Zyklus von chemischen Prozessen, aus dem der Stoffwechsel besteht.

2. Merkmale.

Wie kann man nun etwas weiteres erfahren über die Natur des Prozesses, der dem Stoffwechsel zugrunde liegt? Da sind es zunächst zwei eigentümliche Merkmale, auf die wir achten müssen. Es sind vier organische Elemente, die in denselben eintreten, der C, der H, der O und der N. Nun zeigt es sich, daß im Verlaufe des Stoffwechsels C und H sich immer fester mit dem O verbinden, der N aber nicht. Er verbindet sich mit dem H, höchstens mit dem C, aber

nicht mit dem O. Die Verbindung des O mit H und C hat für das Leben die tiefgehendste Bedeutung; aus ihr entwickelt sich der bei weitem größte Teil der Kräfte, über die das Leben verfügt, so daß man früher das Leben einfach als einen Oxydationsprozeß auffaßte. Und doch oxydiert sich der N nicht. Der N aber ist für den Lebensprozeß besonders wichtig, denn nur bei Gegenwart stickstoffhaltiger Verbindungen vollzieht sich das Leben. Ja eben die Oxydation des C und des H, welche im Leben eintritt, scheint an die Gegenwart des N gebunden, denn für sich sind C und H in den Verbindungen, in denen sie in den lebenden Wesen vorkommen, bei den Temperaturen, die dort herrschen, unter den Spannungen, in denen der O dort vorkommt, gegen denselben völlig indifferent. Es muß also ein ganz andersartiger Prozeß sein als der einer Oxydation, der dem Leben zugrunde liegt. Darauf deutet noch mehr ein zweites Merkmal hin. Ein Mensch, der keine besondere Arbeit leistet, hat um seinen Körper zu erhalten, ein bestimmtes Kostmaß. Er verbraucht, wenn er etwa 70—80 Kilogramm wiegt, in 24 Stunden ca. 400 g Kohlenhydrate, ca. 50—90 g Fett, ca. 100 g Eiweiß. Kohlenhydrate und Fett können einander ersetzen, sie können auch ersetzt werden durch das Eiweiß nach dem Verhältnis der Isodynamie. Sie selbst aber können das Eiweiß nicht ersetzen, dieses muß in einer bestimmten Quantität genossen werden, sonst tritt Hunger ein. Das Eiweiß spielt also eine besondere Rolle. Weiter, wenn die Nahrungsaufnahme gesteigert wird, so begrenzt sich rasch die Zersetzung von Kohlenhydraten und Fetten. Sie werden aufgespeichert, der Körper wird gemästet. In Eiweißkörpern dagegen schreitet der Zerfall weiter, es kommt zu einer sogenannten Luxuskonsumtion, auch über das Maß der zur Erhaltung des Lebens notwendigen Kraftgewinnung hinaus. Und diese Konsumtion findet statt im Anschluß an die Mahlzeiten in einer gewissen Zeit, die mehr von der Verdauung und Resorption als von dem Kraftbedürfnis abhängig ist. So zeigt sich deutlich die Verschiedenheit in der Eiweißzersetzung von der der Kohlenhydrate und Fette, ja ihre Unabhängigkeit von den Bedürfnissen des Körpers. Woher nun stammt dieser Unterschied? Aus der Unentbehrlichkeit des Eiweißes für die Gesamtzersetzung ersehen wir, daß Kohlenhydrate und Fette für die Kraftgewinnung auf das Eiweiß angewiesen sind, aus der Luxuskonsumtion dagegen, daß das Ei-

weiß, auch ohne daß andere Bestandteile ihm folgen, sich zersetzen kann. Der nächstliegende Ausdruck hierfür ist, daß das Eiweiß eine aktive, Fette und Kohlenhydrate eine passive Rolle bei dem Zersetzungsprozeß spielen. Wie aber soll man sich das vorstellen? Sehen wir uns zunächst einmal die Produkte der Zersetzung des Eiweißes an. Alle stickstoffhaltigen Ausfuhrstoffe gehören hierzu, da nur in der Form des Eiweißes der Stickstoff eingeführt wird. Von der Beteiligung des atmosphärischen Stickstoffes ist man seit der Feststellung des Stickstoffgleichgewichtes als Grundlage aller Stoffwechselfersuche abgekommen. Nun ist es zunächst wichtig, zu konstatieren; fast aller Stickstoff verläßt den Organismus im Harn, d. h. im Wasser gelöst, wenn derselbe wirklich den Stoffwechsel passiert hat. Im Harn aber treffen wir den Stickstoff in fünf verschiedenen Verbindungen: 1. im Harnstoff, 2. in der Harnsäure, 3. im Kreatinin, 4. in der Hippursäure, 5. in der Indol- und Skatolschwefelsäure. Harnstoff und Harnsäure können einander bis zu einem gewissen Punkte vertreten. Während bei den übrigen Klassen der Wirbeltiere der größte Teil des Stickstoffs, etwa 90%, desselben in der Form von Harnstoff ausgeschieden wird, nimmt bei Vögeln und Reptilien die Harnsäure diese Stelle ein. Ja bei demselben Tier, bei demselben Individuum ist die Menge von Harnstoff und Harnsäure nicht konstant gegeneinander abgegrenzt. Bei gewissen Erkrankungen, der Gicht z. B., kommt es zu der schmerzlichen Erfahrung, daß die Menge der Harnsäure ansteigt, und als man die Entstehung der Gicht auf zu reichliche Fleischnahrung schob und an Stelle des tierischen Eiweißes pflanzliches Eiweiß dem Organismus zuführte, sank die Harnsäureausfuhr, bei gleichem N Gehalt der Nahrung.¹⁾ Für uns ist wichtig zu wissen, zweierlei kann den chemischen Prozeß, dem das Eiweiß unterliegt, beeinflussen, erstens der Zustand des Organismus, denn die Krankheit ist eine Veränderung dieses Zustandes, und zweitens die Natur des zu zersetzenden Stoffes. Nun knüpft sich an das Verhältnis des Harnstoffs zur Harnsäure eine interessante physiologische Betrachtung. Der Harnstoff ist nicht oder nur zum kleineren Teil im Eiweiß enthalten. Der größere Teil wird erst in der Leber gebildet, und

¹⁾ Müller, J., Über die Harnsäureausscheidung bei Genuß von vegetabilischem Eiweiß. Zentralbl. f. Phys. 14, 1901.

zwar durch den Zusammentritt von Kohlensäure und Ammoniak, Das bedeutet, daß der Stickstoff, der in den Eiweißkörpern enthalten war, auf seine einfachste reduzierte Form gebracht worden war, d. h. daß die Eiweißkörper, denen er angehörte, vollständig zerlegt worden war in einfache Substanzen. Die Harnsäure dagegen ist eine komplizierte Substanz. Sie steht in einer nahen Beziehung zu den Purinbasen, die aus den Nukleinen erhalten werden, wir können sie als Trioxypurin ansehen. Tatsächlich entsteht sie auch aus solchen Purinbasen, selbst wenn sie noch um eine Amidogruppe reicher sind an Stickstoff als die Harnsäure, wie das Guanin oder das Adenin unter der Einwirkung gewisser Fermente. Man hat daher die Harnsäure als das Endprodukt des Stoffwechsels des Nukleins, des Kerns angesehen wie den Harnstoff als den des Eiweißes des Protoplasmas. Ihre gegenseitige Verschiebung im Harn bei der Änderung der Zufuhr von Eiweiß in der Nahrung deutet darauf hin, daß beide aus Eiweiß entstehen, ihre chemische Natur erweckt zunächst die Meinung, daß es darauf ankommt, wo dieses Eiweiß zerlegt wird, im Protoplasma oder Kern. Es gibt verschiedene chemische Prozesse, je nach dem Ort. Indessen dabei kann man nicht endgültig stehen bleiben. Warum haben Vögel und Reptilien ausschließlich Harnsäure und keinen Harnstoff in ihrer Ausscheidung? Sie haben die gleichen Arten von Zellen, dasselbe Verhältnis von Protoplasma und Kern wie die übrigen Wirbeltiere. Und während die einen Arten von Vögel Pflanzen-, die anderen Insektenfresser sind, hat das auf die Ausscheidung keinen Einfluß. Ja bei Vögeln und bei Schlangen scheint die Leber dieselbe Rolle in bezug auf die Bildung der Harnsäure zu spielen wie bei Säugetieren und Fröschen in bezug auf den Harnstoff. Da drängt sich der Gedanke auf, die Purinkörper sind überhaupt eine Durchgangsstufe für die Zerlegung eines Teiles der Eiweißkörper, auf ihr kann die Zerlegung stehen bleiben oder sie kann weitergehen bis zum Harnstoff. Bei manchen Tieren geht sie weiter, aber nicht für allen Stickstoff, das sind solche, die Harnsäure neben dem Harnstoff ausscheiden.

Wovon mag es nun abhängen, daß dieses Weitergehen wechselt in seinem Verhältnis? Daß es hierbei auf den Ort der Zerlegung ankommt, lernen wir bei dem Kreatinin kennen. Die einfache chemische Beziehung, die zwischen ihm und dem Kreatin existiert (es

ist ein Anhydrid des letzteren) läßt uns keinen Zweifel, daß es von letzterem her stammt. Das Kreatin aber treffen wir nur in den Muskeln. Seine Grundlage ist das Guanidin, ein Imidoharnstoff. Warum ist derselbe nicht in einen gewöhnlichen Harnstoff umgewandelt? Offenbar sind die chemischen Bedingungen im Muskel andere als in der Leber oder anderen Organen. Die beiden letzten stickstoffhaltigen Produkte im Harn, Hippursäure und Indol- resp. Skatolschwefelsäure erinnern an die Beschränkung, die ich oben voranstellte, soweit der Stickstoff den Stoffwechsel wirklich durchmachte. In der Hippursäure erscheint der Stickstoff in dem Glykokoll, der Amidoessigsäure. Warum ist dieser Stickstoff nicht bis zur Harnstoffstufe verarbeitet? Die Antwort wird wohl durch die Erfahrung gegeben, daß die Menge der Hippursäure abhängig ist von der Menge der in der Nahrung eingeführten aromatischen Substanzen. Die Ausscheidung dieser bedingt die Ausscheidung des Glykokolls. Ebenso ist die Menge der Indol- und Skatolschwefelsäure abhängig von den Fäulnisprozessen im Darm. Je länger die Faeces daselbst verweilen, um so mehr steigt sie an. Es scheint auch hier, daß die Fäulnisbakterien einen aromatischen Kern aus der Nahrung herauschälen, welcher, um ausgeschieden zu werden, der Hinzufügung des stickstoffhaltigen Pyrrols bedarf. Das führt uns dann weiter zu zwei weiteren Verlusten an Stickstoff in Stoffen, die nicht eigentlich den Stoffwechsel durchmachen, den einen an der äußeren Körperoberfläche, dem Keratin in den Haaren, den Nägeln, den Epidermischuppen, dem anderen an der inneren Körperoberfläche, dem Mucin, das im Schleim aus Mund- und Nasenhöhle, aus dem After, der Scheide, der Harnröhre entfernt wird.

Der Stoffwechsel, der das Eiweiß zerlegt und den Stickstoff ausscheidet, ist also ein mannigfaltiger. Worauf diese Mannigfaltigkeit beruhe, habe ich schon erwähnt. Es kommt für sie auf den Ort an, wo die Zerlegung stattfindet. Am deutlichsten wird uns das, wenn wir denjenigen Stickstoff betrachten, der den Stoffwechsel nicht vollständig durchmacht, in dem Keratin, das die sich abstoßenden, verhornenden Zellen erfüllt und dem Mucin, das wir in den Becherzellen entstehen sehen. Der Stickstoff, welcher im Harn erscheint, stellt ja eine Sammlung aus dem ganzen Körper dar. In den zerlegbaren Bestandteilen der Zellen können wir den Stick-

stoff finden, der ausgeschieden wird. Auch jener, der später durch den Harn hinausgespült wird, erleidet ursprünglich seine Abspaltung aus den Eiweißkörpern in den Zellen, wie uns das Verhältnis von Harnstoff und Harnsäure zu Protoplasma und Kern beweist. Damit kommen wir auf die Theorie Pflügers, wie sie im zweiten Abschnitt der allgemeinen Analyse geschildert wurde. Freilich ist dieselbe nicht mehr so verschieden von derjenigen Ludwigs¹⁾ und Voits,²⁾ welche die Zersetzung in die zirkulierenden Säfte verlegten, wenn wir die letzten Erfahrungen berücksichtigen. Schon nach der Arbeit von J. J. Müller³⁾ mußte man annehmen, daß die Zersetzung den Fermenten zu danken war, welche das Blut aus den Geweben aufnehmen, und daß der Einfluß der Stromgeschwindigkeit darauf beruhe, daß, je rascher das Blut die Gewebe durchströme, desto mehr von diesen Fermenten erhalte es. Nach Pflüger hängt die Größe der Zersetzung von der Tätigkeit der Gewebe ab, nach den Erfahrungen über die Vasomotoren aber wissen wir auch, daß die Stromgeschwindigkeit oder wenigstens die Menge des Blutes, welches die Gewebe durchströmt, von der Tätigkeit derselben abhängt. Direkt oder indirekt beeinflußt so die Tätigkeit die Zersetzung. Aber das bleibt die Differenz; kommen die Fermente aus den Zellen heraus in das strömende Blut oder gehen die Stoffe aus dem Blut in die Zellen, um die Zersetzung zu erfahren? Findet dieselbe diesseits oder jenseits der Wand statt, welche Blut und Zellen trennt? Wir wollen sehen, was für eine Antwort die weitere Untersuchung uns hierauf gibt. Einstweilen sehen wir, warum wir den Stoffwechsel des Eiweißes, der so von der Tätigkeit abhängt, der diese wieder bedingt, als einen aktiven betrachten müssen.

¹⁾ Ludwig, C. u. Schmidt, A., Das Verhalten der Gase, welche mit dem Blut durch den reizbaren Säugetiermuskel strömen. Verh. d. math. phys. A. d. K. S. Ges. d. Wissensch. 20, 1868.

²⁾ Voit, C. v., Allgem. Stoffwechsel. Hermanns Hdbch. d. Phys. VI.

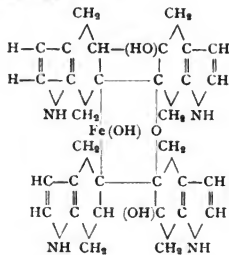
³⁾ Müller, J. J., Über die Atmung in d. Lunge. Verh. d. math. phys. A. d. K. S. Ges. d. Wissensch. 41, 1860.

3. Intermediäre Stadien.

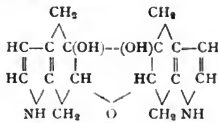
Wenn man nur den Anfang und das Ende, die Eingangs- und die Ausfuhrstoffe betrachtet, kann man sich natürlich kein Bild von den Umsetzungen machen, die im Innern des Organismus stattfinden. Nun gehören die Bestandteile aller Zellen zu den Stoffen, die hierbei entstehen, denn im vorigen Kapitel haben wir ja gesehen, wie die Nahrung, wenigstens die Eiweißkörper, erst zu diesen Bestandteilen wird, bevor sie zerlegt wird. Aber noch wissen wir zu wenig über diese Bestandteile, um uns ein chemisches Bild von ihrem Entstehen und Vergehen machen zu können. Es sind nur die Ergüsse dieser Bestandteile, die Sekrete, welche uns in genügender Menge zur Analyse zu Gebote stehen. Dazu gehört vor allem die Galle, und es trifft sich, daß wir auch wissen, wie sie ihre Entstehung herleitet von dem Blute, dessen Zellen, wie uns die Zählungen ergeben haben, in einem regelmäßigen Wechsel begriffen sind. In ihr haben wir es also zu tun mit Stoffen, die Bestandteile von Zellen gewesen sind, die der Organismus aus der Nahrung aufgebaut hat, und die nun wieder abgebaut werden entsprechend dem Plane des Stoffwechsels. Es sind in erster Linie die Gallenfarbstoffe, die unsere Aufmerksamkeit auf sich lenken, und unter ihnen wieder das Bilirubin, denn das um ein O reichere Biliverdin stellt sich als ein einfaches Oxydationsprodukt desselben dar. Das Bilirubin leitet seinen Ursprung her von dem Hämoglobin. Freilich ist das letztere ein so komplizierter Körper, daß wir uns in ihm noch nicht zurechtfinden. Aber das Hämoglobin spaltet sich in einen Eiweißkörper, das Globulin, und in einen Farbstoff, das Hämatin. Von der Konstitution des letzteren und der des Bilirubin hat uns Nencki¹⁾ ein sehr anschauliches Bild entworfen, das ich zunächst wiedergeben will.

¹⁾ M. Nencki u. J. Zaleski, Über die Reduktionsprodukte des Hämins durch Jodwasserstoff und Phosphoniumjodid und über die Konstit. d. Hämins und seiner Derivate. Berl. Ber. 34.

Haematin ist $C_{32} H_{33} N_4 Fe O_4$



Bilirubin ist $C_{10} H_{18} N_2 O_3$



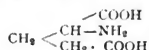
Fünferlei ist nun zu bemerken, wenn man sich die Konstitution des Hämatins und Bilirubins gegenüberstellt. Zuerst hat man sich gefragt, ist es wirklich dieselbe Spaltung, welche man künstlich macht, und die in der Leber sich vollzieht, denn das Hämatin ist ja eisenhaltig, das Bilirubin aber eisenfrei. Da entdeckte man, daß man auch künstlich aus dem Hämoglobin einen eisenfreien Paarling abspalten kann, wenn man dabei den Sauerstoff ausschließt. Und dieser Paarling, das Hämatoporphyrin,¹⁾ erwies sich als identisch mit dem Bilirubin. In der Leber aber haben wir allen Grund, einen geringen Sauerstoffdruck anzunehmen, denn für die Durchströmung ihrer Kapillaren ersetzt ja das venöse Blut der Pfortader das arterielle Blut während der Zeit der Verdauung zu einem großen Teil. Zum zweiten nun sieht man, daß bei dieser Spaltung das Hämatin in zwei gleiche Hälften zerfällt. Also auch Stoffe, die Bestandteile der Zellen geworden sind, werden bei der Spaltung in gleiche Hälften zerschlagen. Und diese Spaltung geschieht

¹⁾ Hoppe-Seyler, Med. chem. Untersuch. 4, 1871.

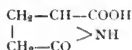
unter Aufnahme von Wasser; sie ist eine hydrolytische Spaltung. Nicht bloß die Bestandteile der Nahrung, auch die der Zellen des Organismus unterliegen derselben, das ist für das Verständnis des Mechanismus wichtig. Drittens die Spaltung geschieht an der Stelle, wo das Fe die beiden Hälften zusammenhält, und dieses zusammenhaltende Atom wird ausgeschieden. Aus vier gleichen Paarlingen besteht das Hämatin. In dem Bilirubin, soweit es noch nicht zerspalten ist, besorgt der Sauerstoff die Verbindung je zweier Paarlinge, wo aber zwei Bilirubine resp. Hämatoporphyrine zusammengehalten werden, geschieht es durch ein anorganisches Element, und dieses wird bei der Spaltung zurückbehalten, während die organischen Spaltlinge sezerniert werden. Viertens der einfache Paarling, der in dem Hämatin immer wiederkehrt, ist das Hämopyrrol¹⁾ C₈H₁₃N, wahrscheinlich ein Isobutylpyrrol. Wir lernen hier zum erstenmal den Pyrrolkern C₄H₅ oder



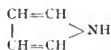
kennen. Von den mancherlei Bildungsweisen, die uns die Chemie lehrt, interessiert uns am meisten die aus der Glutaminsäure, einem Spaltling der Eiweißkörper, sowohl wegen der Herkunft, als wegen des Mechanismus



Glutaminsäure geht zuerst unter Abspaltung von Wasser und innerer Ringbildung in Pyroglutaminsäure über



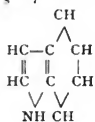
Sodann spaltet sich CO₂ und nochmals H₂O ab und es erfolgt der Übergang in Pyrrol



Das Hämopyrrol erscheint nun in dem Hämatin nicht mit der offenen Seitenkette des Isobutyls, sondern diese ist zu einem Ringe

¹⁾ Nencki, M. und J. Zaleski, l. c.

geschlossen. Einen solchen Doppelring kennen wir schon in dem Benzolpyrrrol oder Indol $C_8 H_7 N$

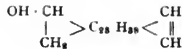


Dieser ist wasserstoffärmer, dehydriert, und es erwacht der Gedanke, ob nicht bei Abgabe von H mit dem Zusammenschluß solcher Ketten zu Ringen und ebenso das Aufklappen derselben mit der Hydrierung verbunden sein möge. Endlich fünftens hat Hofmeister aus der Menge der abgeschiedenen Galle und der Menge des vorhandenen Hämoglobins sowie den entsprechenden Molekulargewichten berechnet, daß täglich mehr als 2% des vorhandenen Hämoglobins zerspalten werden.¹⁾ Mit meinen eigenen Bestimmungen einer monatlichen Periode des Bildens und Vergehens der Blutkörperchen stimmt das ziemlich überein. Also ein Teil der Zellen des Organismus findet in der Leber fortwährend seinen Untergang. Daß das gerade die Leber ist, mag nicht bloß mit der Sauerstoffarmut des sie durchströmenden Blutes zusammenhängen. Das mag wohl das Mittel sein, durch das die Ausführung besorgt wird, die eigentliche Ursache aber mag, vergleichend anatomisch gesprochen, in der Lage der Leber liegen.

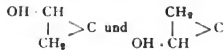
Nun hat man in den Blutkörperchen nicht bloß das Hämoglobin, sondern auch das Stroma zu unterscheiden. Das Stroma aber besteht aus Cholesterin und Lecithin. Es wundert uns daher nicht, in der Galle auch diese beiden Stoffe auftreten zu sehen. Das Lecithin leiten wir uns seiner Herkunft nach leicht von den Fetten ab, dagegen ist das Cholesterin ein Rätsel gewesen, ein Rätsel, das um so interessanter war, als es unzweifelhaft in großer Menge auftritt. Die neuesten Untersuchungen²⁾ ergaben nun, daß es zu den Terpenen zu rechnen ist. Es ist ein Alkohol, wie seine OH-Gruppe beweist, und es kommt ihm wahrscheinlich eine Konstitution zu, die sich so veranschaulichen läßt.

¹⁾ In der Galle werden etwa täglich 0,56 g Bilirubin oder mehr ausgeschieden. Diese entsprechen ca. 15 g Hämoglobin oder 100—110 ccm Blut. Bei einer Blutmenge von 5 l macht das etwas über 2% aus. Briefl. Mittell. v. F. Hofmeister.

²⁾ A. Windaus und G. Stein, Über Cholesterin. Berl. Ber. 37.



wobei die unbekannte Mitte wahrscheinlich durch drei weitere Ringe gebildet wird. Den Terpenen eigentümlich sind zwei Isomerien, die cis- und die trans-Stellung

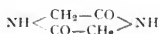


und es ist charakteristisch, daß es außer dem bekannten Cholesterin noch ein Isocholesterin von gleicher Zusammensetzung aber etwas anderem Schmelzpunkt gibt. Nun habe ich schon erwähnt, wie durch die Terpennatur des Cholesterins die Brücke zwischen den Harzen der Pflanzen und den Fetten der Tiere geschlagen wird. Aber wenn so das Cholesterin in die nächste Verwandtschaft zu der Abietinsäure aus dem Tannharz rückt, so fragt man sich doch, welche Kraft kann in dem Lebensprozeß hier das eine, dort das andere erzeugen? Die einzige Kraft, welche gemeinschaftlich erscheint, ist das Licht und der Umstand, daß das Cholesterin gerade in den roten Blutkörperchen im Anschluß an den Farbstoff auftritt, erlangt dadurch seine Bedeutung.

Nun haben wir in der Galle noch die Gallensäuren, die Tau-rochol- und die Glykocholsäure. Beiden gemeinschaftlich ist die Cholsäure $\text{C}_{24}\text{H}_{40}\text{O}_5$. Noch wissen wir nichts über ihre Konstitution. Vieles aber deutet auf ihre nahe Verwandtschaft zu dem Cholesterin, und ihre Umwandlung in den harzigen Bestandteil der Facies läßt uns ihre Beziehung zu den Terpenen noch deutlicher durchblicken. Die anderen Paarlinge, Glykokoll und Taurin erscheinen leicht als Derivate der Eiweißkörper. Das Glykokoll ist uns als Paarling der Hippursäure schon begegnet. Es kommt in den Eiweißkörpern selbst vor, und wir haben dort gesehen, wie es als ein nicht vollkommenes Zerstörungsprodukt derselben auftritt. Das Taurin, die Amidoäthylsulfosäure enthält einen Teil des Schwefels der eingeführten Eiweißkörper.¹⁾ Dieser passiert also die Leber, und er passiert sie in oxydiertem Zustand. Gepaart ist er mit

¹⁾ Spiro, Über die Gallenbildung beim Hunde. Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Ab. Supp. 1880.

und andere, nur eine Aminogruppen enthaltende, Aminofettsäuren zusammenfaßt. Die verschiedenen Gruppen mögen vielleicht zusammengehalten sein, wie die verschiedenen Hämopyrrole im Hämatin, wir wissen das einstweilen nicht. Aber innerhalb einer Gruppe, wie ist da der Zusammenhalt? Wir schließen uns hier E. Fischer¹⁾ an, der uns die Polypeptiden kennen gelehrt hat. Da ist vor allem zu merken die doppelte Existenzmöglichkeit der Polypeptiden als Ketten und als Ringe, mit oder ohne Wasser. Von ihnen sind das Glycylglycin $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{COOH}$ bis hinauf zum Tyrosinglycylglycin. $\text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{OH} \cdot \text{CH}_2\text{CHNH}_2 \cdot \text{CONH} \cdot \text{CH}_2\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{COOH}$ bereits künstlich dargestellt worden. Wenn sich die Schlange in den Schwanz beißt, so kann sich die Kette zu einem Ring zusammenschließen, bei dem Glycylglycin zu einem Dioxypiperazin.²⁾



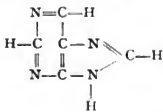
Aber der Ring kann, wie das obige Beispiel vom Tyrosinglycylglycin zeigt, beliebig erweitert werden. Immer ist es der N, an dem der Ring sich schließt, und diese innere Ringbildung ist uns schon vertraut von der Entstehung des Kreatinins und des Pyrrols her. Wir sehen zum erstenmal, welche Rolle der Stickstoff spielen mag bei den Körpern, die dem Leben zugrunde liegen. Wir beginnen dann weiter zu verstehen, welche Rolle die hydrolytische Spaltung bei denselben spielt, denn wird einem solchen Ringe Wasser zugeführt, so klappt derselbe auf zur Kette, der Zusammenhang geht an einer Stelle verloren, er muß an jener Stelle verloren gehen, wo das H-Atom an den N, das HO an die Carboxylgruppe geht. Weiter aber lernen wir aus der Chemie, wie die Hydrierung, das Hinzufügen von Wasserstoff, das Aufklappen der uns bekannten Ringe bedingt. Den Pyrrolen entsprechen die Pyrrolidine, den Pyrazinen die Piperazine, den Pyridinen die Piperidine, den Benzolen die Hydrobenzole. An Stelle der doppelten Bindungen treten die einfachen, und mit dieser Lockerung vollzieht sich das Aufklappen. So aber bilden sich Ketten und reduzierte Ketten, und wir beginnen das Vorhandensein der langen reduzierten Ketten

¹⁾ E. Fischer, Synthese v. Polypeptiden. Berl. Ber. 36, 37.

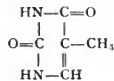
²⁾ E. Fischer u. H. Leuchs, Synthese v. Polypeptiden. Berl. Ber. 37.

in den Fetten zu verstehen. Woher aber kommt der Wasserstoff, der zu einer solchen Hydrierung verbraucht wird? Nun sehen wir den Stickstoff in zweierlei Verbindungen auftreten in den lebenden Wesen, als NH_3 in Verbindung mit dem Wasserstoff und als CNH oder CNOH in Verbindung mit dem Kohlenstoff. Als NH_3 ist er immer vorhanden in den Eiweißkörpern. Wenn er nun in die CNH -Bindung übergeht, muß er H_2 oder wenn er in die CNOH -Bindung übergeht, muß er 2 H_2 abgeben, wenn gleichzeitig der O aus H_2O herrührt. Aber tut er denn das? Diese Verbindungen sind doch so giftig. Ja daß sie so giftig sind, beweist eben ihr Eingreifen in das Leben, und dieses Eingreifen braucht bloß am unrechten Ort zu geschehen, um das Leben zu zerstören. In dem Vorkommen von Rhodankalium im Speichel CNSK, in der Entstehung des Harnstoffs aus CNONH und in der konstanten Differenz, die beide NH_2 -Gruppen bei der Verbindung mit Säuren zeigen, aber haben wir Zeugen für dieses Auftreten.¹⁾ Mehr aber als dieses beweist das Folgende. Den Eiweißkörpern stehen gegenüber die Nukleine, die Substanzen der Kerne. Wie die Eiweißkörper charakterisiert werden durch die Aminoverbindungen, so werden es die Nukleine durch die Purinbasen, die alle den Kern $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4$ enthalten. Dieser

Kern aber erweist sich als ein Derivat der Pyrimidine



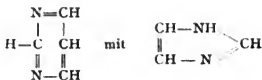
Das Uracil, von dem sich die Harnsäure, das Trioxypurin ableitet, und das Thymin, das in den Kernen der Thymusdrüsen wie in den Spermatozoen neben den Purinkörpern vorkommt, machen uns das sehr wahrscheinlich.²⁾ Wir können das Thymin $\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$ als ein Aethyl diketotetrahydropyrimidin auffassen.



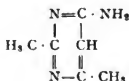
¹⁾ E. Drechsel, Chemie der Absonderungen in d. Gewebe. Hermanns Hdbch. d. Physiologie V.

²⁾ E. Fischer u. Roeder, Synthese des Uracils, Thymins u. Phenyluracils. Berl. Ber. 34.

Die Purine erscheinen dann als Kombinationen des Pyrimidin- und des Glyoxalinringes



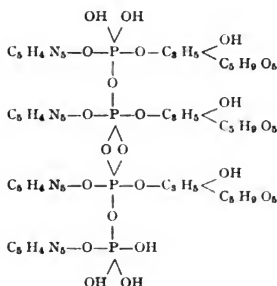
Erweisen sich so die Pyrimidine als die Grundlage der Nukleine, dann muß man weiter beachten, daß die Pyrimidine auffallenderweise leicht entstehen durch die Polymerisationen von Cyanalkylen $3 \text{CH}_2 \cdot \text{CN}$ bilden



wobei die Seitenketten sich leicht abspalten.

Das Guanin und das Adenin, Aminooxypurin und Aminopurin lassen uns freilich daran denken, daß dies in bezug auf die NH_2 -Gruppe, vielleicht nicht immer geschieht. Eine Polymerisation aber haben wir allen Grund anzunehmen als in den lebenden Wesen leicht erfolgend. So liegt uns denn die Vorstellung nahe, daß aus den Eiweißkörpern sich Nukleine entwickeln können, indem der N in der CNH-Bindung die Eiweißkörper verläßt. Dabei wird der H der ursprünglichen NH_2 -Gruppe zur Hydrierung verwandt, und es gehen die Ketten der nunmehr N-freien und aufgespaltenen Gruppen in die Fette über, während sich gleichzeitig die Pyrimidine bilden, die als Grundlage der Kerne und Spermatozoen dienen. Nun gewährt uns die Chemie noch einen weiteren Wink bezüglich der Zerlegung der großen Eiweißmoleküle in kleinere Gruppen. Im vorigen Kapitel haben wir gesehen, wie das Hämatinmolekül gespalten wurde in zwei Hälften unter Ausscheidung des in der Mitte stehenden Fe-Atoms. Bei dem Eiweiß wird die Rolle des Fe offenbar vertreten durch den S. Die Gruppe desselben, die in der Mitte steht, ist aber offenbar das Cystin. Das Cystin aber spaltet sich bei der Zerstörung in die zwei gleichen Hälften der Cysteine, und das ist der Vorläufer der Oxydation zu Taurin. Werfen wir in der Beziehung

noch einen Blick auf die Nukleine. Bang¹⁾ hat uns einen Plan entwickelt über den Bau der Guanylphosphorsäure, die in den Kernen der Pankreas vorkommt, die dieselben charakterisiert.



Auf der einen Seite der P-Atome stehen hier die Purinbasen, auf der anderen Glycerin und Pentosen. Das Molekül enthält 4 Phosphorsäureradikale. Schmiedeberg und Miescher²⁾ in ihrer Analyse der Spermatozoen nehmen in dem Nukleinkörpern an. Wäre es möglich, daß dieses Molekül des Pankreasnukleins sich in der Mitte aufspalten würde, um den Spermatozoennukleinen zu entsprechen, und daß dabei in bezug auf die Radikale, die mit der Phosphorsäure in Verbindung sind, der Tausch ein ungleicher würde. Die Physiologen unterscheiden zwei Arten von Nukleinen. Die echten, welche Purinbasen enthalten, und die Paranukleine, wie sie in dem Kasein gefunden werden, von denen man bis jetzt bloß weiß, daß sie Phosphorsäure, aber keine Purinbasen besitzen. Wäre es möglich, daß die Guanylphosphorsäure zerfiel in eine Hälfte, die den echten Nukleinen mit Purinbasen, und in eine andere, die den Paranukleinen entspräche, ausgerüstet mit den Glycerinen, die zu den Fetten und den Pentosen, die zu den Kohlenhydraten hinführen?

¹⁾ Bang, J., Chemische u. Physiol. Studien üb. d. Guanylsäure. Zeitschr. f. phys. Chem. 31, 1900/01.

²⁾ Schmiedeberg u. Miescher, Physiol. chem. Unters. über die Lachsmilch. A. f. exp. Path. u. Pharm. XXXVII.

Bevor wir weitergehen, müssen wir jetzt auch beachten, daß die anorganischen Moleküle eine gewisse Rolle spielen im Leben. Abgesehen von dem Fe, dem S, dem P, von denen wir schon sprachen, sind die Eiweißkörper niemals aschefrei. Welche Rolle diese anorganischen Moleküle bei ihnen spielen, wissen wir einstweilen nicht. Ich lenke die Aufmerksamkeit auf zwei, das Si und den Ca. Die Anwesenheit von Si in den Haaren, den Federn ist längst konstatiert, in den anderen Organen teilweise auf Verunreinigung zurückgeführt worden. Schulz¹⁾ hat aber kürzlich unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln seine Anwesenheit in vielen Organen, vor allem in der Kristalllinse mit Sicherheit nachgewiesen. Von der Notwendigkeit des Ca für das Leben haben wir so viele Nachweise, daß ich nur an die Arbeiten von Hall²⁾ erinnern will, wonach Mäuse rasch verhungern, wenn ihnen Ca in einer gewissen Bindungsweise, nicht Ca überhaupt, in der Nahrung entzogen wird. Mich interessierte namentlich der Ca, der in den Kalksäckchen der Frösche, die um die Spinalganglien derselben liegen, vorkommt. Der Gehalt dieser Säckchen ist einem fortwährenden Wechsel unterworfen, ein Beweis, daß dieser Ca eine Rolle in dem Lebensprozeß des Frosches spielt. Sollte diese Rolle damit zusammenhängen, daß die Frösche immer noch wachsen, auch nachdem sie geschlechtsreif geworden sind? Diese beiden anorganischen Elemente haben die Eigentümlichkeit, daß sie auch anorganische Verbindungen bilden, welche kolloidale Modifikationen besitzen. Von der SiO₂ ist dies bekannt, und das gallertartige Verhalten des Tricalciumphosphates (PO₄)₂Ca₃ der Kalkverbindung in den Knochen und den Pflanzen kann nicht anders interpretiert werden. Über die Bedeutung des kolloidalen Verhaltens für das Leben aber werden wir uns noch zu unterhalten haben.

5. Physiologische Hilfsmittel.

Wenn man sich an der Hand der chemischen Fingerzeige, die das vorige Kapitel gab, ein wenig verdeutlicht hat, was für Arten

¹⁾ Schulz, H., Über den Kieselsäuregehalt menschl. u. tier. Gewebe. Pfl. A. 84 u. 87, 1901/1902.

²⁾ Hall, W. S., Einige Bemerkungen über die Herstellung eines künstlichen Futters. A. f. A. u. Phys. Ab. 1896.

von Umsetzungen im Organismus stattfinden mögen, so fragt man sich, was für Hilfsmittel besitzt denn der Organismus, um dieselben herbeizuführen. Für manche dieser Umsetzungen, z. B. die Polymerisationen, sind Hilfsmittel gar nicht erforderlich, für andere, wie die Abspaltung von CO_2 genügt die Wärme, für wieder andere die Gegenwart gewisser Substanzen, wie Phosphorsäure usw. Die wichtigste aber, die hydrolytische Spaltung bedarf der Hilfsmittel. Sie geschieht in den lebenden Wesen in einer ganz besonderen, diesen eigentümlichen Weise. Wenden wir uns zunächst einmal dem zu, was man darüber erfahren hat.

Der Name Ferment rührt her von der Gärung, und so ist der typische Vertreter der Fermente der Sproßpilz, *Saccharomyces*. Mit der Zeit aber hat man gelernt, daß die fermentative Tätigkeit nicht auf so entwickelte Lebewesen beschränkt ist. Buchner¹⁾ hat gezeigt, daß fermentative Tätigkeit auch von Säften ausgehen kann, die durch Filter passiert sind. Man hat daher den Unterschied zu machen begonnen zwischen geformten und ungeformten Fermenten. Indessen hat man sich nicht ganz mit der Auffassung beruhigt, daß bei den ungeformten Fermenten jede morphologische Organisation ausgeschlossen sei.²⁾ Das Passieren eines Filters, namentlich eines Chamberland'schen Filters gewährt dafür keine Garantie. Wissen wir doch, daß selbst so komplizierte und große Lebewesen wie weiße Blutkörperchen durch ein Filter hindurchgehen können. Es gehört dazu eine Ausziehbarkeit in ganz feine, dünne Fäden, wie sie die Quellung mit sehr viel Flüssigkeit verleiht. Entzieht man diese Flüssigkeit, sie ist ja meistens Wasser, durch ein Mittel, welches die Bestandteile der Fermente niederschlägt, dann macht sich die Verschiedenheit im Brechungsindex zwischen diesen Fermenten und der umgebenden Flüssigkeit wieder fühlbar und die Folge ist die Ausfällung der Mikrozyten als Gebilde von besonderer Form. So wären also die ungeformten Fermente Gebilde von einer gewissen morphologischen Organisation, nur wäre ihr Wassergehalt so groß, daß, so lange ihnen dieses Wasser nicht entzogen ist, für unser Auge keine Differenz gegenüber der umgebenden Flüssigkeit stattfindet. Die Differenz des Brechungsindex wird zu klein, als

¹⁾ Buchner, E. u. Rapp, R., Alkohol, Gärung ohne Hefezellen. Berl. Ber. 32.

²⁾ Abrens, F. B., Ein Beitrag zur zellfreien Gärung, Z. f. angew. Chemie. 1900.

daß wir sie wahrnehmen können. Mit diesen ungeformten Fermenten haben wir es zunächst zu tun. Wir teilen sie einstweilen in zwei Klassen ein. Fermente, die bei der Verdauung zerlegend wirken, und Fermente, die eine Gerinnung hervorrufen. Zu den ersteren gehört das Ferment des Speichels, welches die Stärke in Zucker zerlegt, das des Magensaftes mit der Spaltung der Eiweißkörper in Albumosen und Peptone, und das des Pankreassaftes, das entweder in drei Richtungen tätig ist, oder aus drei gesonderten Fermenten besteht. Hier wird nämlich Stärke in Zucker, Eiweißkörper in Albumosen und Peptone, und endlich Fette in Glycerin und Fettsäuren gespalten. Neben diesen Verdauungsfermenten haben wir solche, welche eine Gerinnung von Eiweißkörpern herbeiführen, nämlich das Fibrinferment, welches das Blut, und das Labferment, das die Milch gerinnen machte.

Dabei schlägt dieses letztere eine Art Brücke auf zwischen den beiden Arten von Fermenten. Denn neben seiner Wirkung auf die Milchgerinnung hat es noch die Fähigkeit, daß es die durch die Einwirkung des Pepsins in Peptone zerspaltenen und dabei verflüssigte Eiweißkörper zu einem wieder festwerdenden Eiweißstoff, dem Plastin, zu vereinigen. Indem wir das wahrnehmen, tun wir einen weiteren Schritt. Wenn die Fermente Fette, Kohlenhydrate, Eiweißkörper zerlegen, so spalten sie; sie üben eine Wirkung aus, die der Chemiker zerlegend nennt. Immer geschieht dies unter Mitwirkung des Wassers, und man hat deshalb dieser Tätigkeit auch den Namen „der hydrolytischen Spaltung“ gegeben. Im Gegensatz dazu aber lernen wir auch einen Aufbau kennen, den ein Ferment besorgt. Aus den Spaltungsprodukten des Eiweiß, die von einem anderen Fermente herrühren, dem Pepsin, baut das Labferment wieder einen Eiweißkörper auf, das Plastein.¹⁾ Fermente können also nicht bloß analytisch, sondern auch synthetisch wirken. Ja mitunter haben wir den Eindruck, als ob dasselbe Ferment auf dieselbe Substanz in dem einen wie in dem anderen Sinne einwirke, es spaltet die Substanz, und aus den Spaltungsprodukten baut es die Substanz wieder auf. Wenigstens hemmt bei den meisten Fermenten die Anhäufung von Spaltungsprodukten die weitere Zerlegung. Es scheint sich eine Art Gleichgewichtszustand herzustellen zwischen

¹⁾ Sawjalow, W. W., Zur Theorie der Eiweißverdauung. Pfl. Arch. 85, 1901.

der Zerlegung und dem Aufbau. Wollen wir das genauer verfolgen, so gelingt uns der Nachweis des Aufbaues nicht immer, mitunter jedoch wieder können wir das quantitativ feststellen. Man kann z. B. die Maltose, eine besondere Zuckerart, in Traubenzucker zerlegen durch ein Ferment, die Maltase. Das gelingt, bis ein bestimmter Traubenzuckergehalt der Lösung erreicht ist. Fügt man aber der Lösung Traubenzucker zu, so steigt der Gehalt an Maltose wieder an.¹⁾ Sowohl nun durch Zufügung von Maltose, wobei es zu einer Zunahme des Traubenzuckergehalts kommt, wie durch Zufügung von Traubenzucker, was eine Zunahme des Maltosegehalts zur Folge hat, kommt man auf ungefähr dasselbe Endverhältnis von Maltose zu Traubenzucker. Das ist der Gleichgewichtszustand, und wird derselbe nach der einen wie nach der anderen Richtung gestört, so stellt ihn die Maltase wieder her. Dasselbe Ferment kann also analysieren wie synthetisieren. Und was es tut, ist abhängig von dem Mengenverhältnis, d. h. von der Konzentration der beiden Stoffe. Eine wichtige Erfahrung, die wir uns gleich merken wollen.

Es erinnert nun dieses Verhältnis zwischen Maltose und Traubenzucker an das zwischen Glykogen und Traubenzucker in den Leberzellen, wo auch bald eine Bildung, bald eine Zerstörung stattfindet, vielleicht auch im Anschluß an die Konzentration. Wir sehen dabei gleich, welche Rolle die synthetischen Prozesse in den Zellen spielen müssen, da ja der Aufbau des gesamten Materials, aus denen die Zelle besteht, von ihnen abhängt. Abgesehen hiervon, allein aus den Wirkungen hat z. B. Hofmeister²⁾ geschlossen, daß in der Leberzelle elf verschiedene Fermente vorhanden sein müßten. Uns wundert das nicht. Wir gehen ja davon aus, daß die Fermente auf der Bildung von morphologischen Organisationen beruhen, und das Mikroskop enthüllt uns ja eine morphologische Organisation in derselben nach der anderen. Doch halt, sollen wir nicht gerade an den Leberzellen etwas anderes erfahren. Man hat aus der Leberzelle auch ein Ferment extrahiert, welches man nach seiner Wirkung als Oxydase bezeichnet. Dann hat man diese Oxydase auch aus anderen Zellen gewonnen und hat ihre Wirkung verglichen mit denen, die man von pflanzlichen Fer-

¹⁾ Croft Hill, Reversible Zymohydrolysis. Journ. of chem. Soc. 73, 1898.

²⁾ Hofmeister, Die chem. Organisation d. Zelle. Braunschw. 1901.

Gaule, Kritik der Erfahrung vom Leben.

menten schon kannte, und die man Lakkasen nannte. Nun entdeckte man, daß die Lakkasen Mangan,¹⁾ die Oxydasen²⁾ Eisen enthalten. Es ist also die chemische Konstitution, welche die Wirkung bestimmt. Indessen in den Zellen sind, wie wir weiterhin sehen werden, chemische Konstitution und morphologische Organisation auf eine eigentümliche Weise miteinander verknüpft. Bald werden wir auch erkennen, wie der chemischen Eigentümlichkeit auch eine morphologische sich anschließt. Wir werden dann einsehen, wie in der Zelle sich diese beiden aufs mannigfachste aneinander anreihen, und wie auch die neuerdings entdeckten Reduktasen, die den Oxydasen gegenüberstehen, ihre chemisch-morphologische Organisation haben müssen. Einstweilen merken wir uns nur, daß es notwendig ist, beide Arten von Fermenten aus den Zellen zu extrahieren, wenn man sie erhalten will; sie werden nicht von den Zellen sezerniert, wie die Verdauungsfermente. Die ihnen zugrunde liegenden Organisationen sind und bleiben also Teile der Zellen selbst. Daß sie sich den Verdauungsfermenten in vieler Beziehung so ähnlich verhalten, zeigt, daß, was für die Fermente gilt, auch auf das Leben der Zellen seine Anwendung findet. Was aber sind die Eigenschaften der Fermente nun eigentlich? Um das zu ergründen, müssen wir uns den einfachsten Fermenten zuwenden, die man vor kurzem entdeckt hat, den kolloidalen Metallen. Ja die Metalle können auch fermentativ wirken, und das zeigt, daß es auf einen organischen Stoff, auf die Zusammensetzung bei den Fermenten nicht ankommt. Verschiedene Metalle können es, es ist also auch nicht die chemische Natur des Metalls, auf die es ankommt, aber Bedingung ist, daß es kolloidal angewendet wird. Was heißt das, kolloidal? Es ist die fermentative Wirkung des kolloidalen Platins am besten studiert, wenden wir uns deshalb diesem zu. Das kolloidale Platin erhält man am einfachsten nach Bredig,³⁾ indem man zwischen zwei etwa 1 mm starken Platindrähten bei einer Spannung von 30—40 Volt und einer Stromstärke von 5—6 Ampère unter abgekühltem, destilliertem Wasser einen Lichtbogen bildet, in dem dann die Ka-

¹⁾ Bertrand, *Compt. rend* 122, 1896.

²⁾ Spitzer, W., Die Bedeutung gewisser Nukleoproteine f. d. oxyd. Leistung der Zelle. *Pfl. A.* 67, 1897.

³⁾ Bredig, *Zeitschr. f. angew. Chemie* 1, 1898.

thode überaus fein zerstäubt. Man erhält nach Abfiltrieren der groben Partikel eine vollkommen klare, tief dunkelbraune Flüssigkeit, deren Suspensionscharakter sich durch das Tyndallphänomen dokumentiert. Im besten Fall enthält eine solche Flüssigkeit etwa 20 mgr Platin in 100 ccm Wasser. Die Flüssigkeit, die die noch ungeteilten Platinteilchen enthält, aber so fein verteilt und so klein, daß sie nicht untersinken, wirkt also fermentativ. Ob ich auf Wasserstoffsperoxyd das Enzym der Mandeln, das Emulsin, oder ob ich kolloidales Platin einwirken lasse, in beiden Fällen erfolgt die Zerlegung ganz gleich. Und die Störungen wie die Begünstigung der Wirkungen sind für beide gleich. Begünstigend wirkt z. B. für beide eine ganz schwache Alkaleszenz, störend wirkt vor allem bei beiden Temperaturerhöhung über ein gewisses Maß hinaus und Vergiftung. Enzymgifte sind auch Platingifte. Die wichtigsten derselben sind Blausäure, Schwefelwasserstoff, Hydroxylamin, Sublimat und Kohlenoxyd. Diese Gifte wirken auf das Platin verändernd, indem sie seine metallische Natur aufheben. Und das bringt uns zuerst auf den Gedanken, daß die Wirkung herühren muß von seiner eigentümlichen Beschaffenheit und doch wieder nicht von seinen chemischen Eigenschaften, denn die organischen Enzyme haben ja dieselben Wirkungen. Es können also nur die physikalischen Eigenschaften sein. Und zu diesen physikalischen Eigenschaften ist zu rechnen 1. die metallische Natur, 2. die feine Verteilung im Wasser ohne gelöst zu werden. Alle diese feinen ungelösten Metallteilchen müssen dem Wasser gegenüber eine Oberfläche haben. Nun wissen wir aus Versuchen, daß wenn man mit Platinmohr überzogene Platinelektroden in eine Elektrolytlösung eintaucht, die eine Elektrode mit Sauerstoff, die andere mit Wasserstoff lädt und die Elektroden verbindet, so erhält man einen Strom von ungefähr 1,1 Volt Spannung. Als Elektroden können nun die in dem Wasser suspendierten Platinteilchen wirken. Und sie können auch die Kette schließen, indem sie sich berühren. Wo aber bekommen sie denn die Ladung mit Wasserstoff und Sauerstoff her? Da muß man denn die Ostwaldsche¹⁾ Annahme zu Hilfe nehmen, daß Katalyten oder Enzyme nur Reaktionen beschleunigen, welche auch ohne sie, nur unendlich viel langsamer

¹⁾ Ostwald, W., Dekanatsprogr. d. phil. Fak. Leipzig 1898.

verlaufen. Daß es nun eine solche langsam verlaufende Trennung der beiden Ionen, als deren Repräsentanten hier Sauerstoff und Wasserstoff genommen wurden, gibt, zeigt die Arrheniussche Erfahrung über das Verhalten der Salze in verdünnter Lösung. Zerfallen also Elektrolyte infolge der spontanen Bewegungen der Atome im Molekül in die beiden Ionen, so finden die letzteren in den Teilchen des kolloidalen Platins die Elektroden, an denen sie sich anhäufen und die sie laden können. Der elektrische Strom, der so entsteht, besorgt nun eine weitere Zerlegung und so wird, sich immer steigend in der Geschwindigkeit, die Zersetzung der Elektrolyten bewirkt. Das kolloidale Platin wirkt so als Überträger einer elektrischen Differenz, die zwischen den beiden Ionen stattfindet und die sich fortwährend erhöht. Denn jeder neue Zerfall bildet Ionen, die als Stromquelle wirken, und jede Strombildung bewirkt neuen Zerfall. Indes gehört hierzu noch etwas, was man teils der Natur des Platins, teils dem kolloidalen Zustand zuschreiben muß. Das Platin hat nämlich wie noch andere Metalle die Eigenschaft Gase, namentlich Wasserstoff, zu verdichten. Wenn es fein verteilt ist als Mohr äußert es diese Wirkung in hohem Grade. Nun hängt diese Anhäufung von Wasserstoff des einen Ions an dem Platin (es ist jedenfalls eine Art von Anziehung, die das Platin auf den Wasserstoff ausübt) mit der Entstehung des elektrischen Stroms zusammen. Die Elektroden lassen sich nämlich in jenen oben erwähnten Versuchen vergiften, ebenso wie die Enzyme, und Höber¹⁾ fand das auffallende Ergebnis, daß Blausäure oder Cyankalium z. B. nur giftig wirken, wenn man sie auf die O-Elektrode bringt, an der H-Elektrode sind sie ganz indifferent. An der O-Elektrode aber muß sich der Wasserstoff anhäufen, wenn das Wasser durch den von dieser elektrischen Spannung verursachten Strom zersetzt wird. Das Cyankalium oder die Blausäure, indem sie das Platin als Metall zerstören (darauf beruht ihre Giftwirkung), machen es unfähig, den Wasserstoff anzuziehen und anzuhäufen. Indessen noch einen Schritt müssen wir weitergehen. Wir haben seither das kolloidale Platin nur angesehen als aus diskreten suspendierten metallischen Teilchen bestehend. Es ist das alles, wozu uns die Beobachtung bezüglich des Platins ein Recht gibt. Indessen bietet

¹⁾ Höber, Über Platinkatalyse. Pfl. A. 82, 1900.

das kolloidale Platin eine so große Analogie mit anderen kolloidalen Stoffen dar, daß man ihm daher ja den Namen gegeben hat. Wie verhält sich nun der Leim, die Colla gegenüber dem Wasser? Er quillt mit demselben, d. h. das Wasser dringt in das Innere hinein, während die Oberfläche erhalten bleibt. Die feinsten Teile, sagen wir die Molekülgruppen, welche die Oberfläche bilden, zeigen noch einen Zusammenhang, auch wenn sich das Gesamtvolumen auf das vielfache vermehrt hat. Damit muß auch ihr Abstand gewachsen sein, sie halten aber trotzdem zusammen. Das muß nun eine Eigentümlichkeit des kolloidalen Zustandes sein, daß solche Molekülgruppen vorhanden sind mit zusammenhängender Oberfläche und einem Innern, in das das Wasser hineinpasst. Solche Molekülgruppen müssen auch in dem kolloidalen Platin existieren, und wir müssen auch in ihnen den Gegensatz zwischen Oberfläche und Innerem unterscheiden. Das ist nun insofern wichtig, als uns die Erfahrung lehrt, daß es bei dem Entstehen einer elektrischen Spannung zwischen den beiden Ionen eines Elektrolyten sich um eine Trennung derselben handelt. Wo eine solche Trennung nicht stattfindet, vereinigt die zwischen den ungleichnamigen Elektrizitäten stattfindende Anziehung sie alsbald wieder. Bei den verdünnten Lösungen von Arrhenius sind es vielleicht die weiten Wege, welche die Ionen zurückzulegen haben, um sich anzutreffen, in dem vorhin erwähnten Beispiel, die Entfernungen der beiden Platinelektroden, welche die Vereinigung verhindern. Im Falle des kolloidalen Platins muß der Gegensatz zwischen Oberfläche und Innerem der kolloidalen Molekülgruppe die Trennung bewirken. An der Oberfläche wird das eine Ion festgehalten vielleicht durch die Anziehung der metallischen Platinoberfläche, in das Innere wird das andere Ion geführt, wahrscheinlich durch den Strom des Wassers, der, wie das dem kolloidalen Zustand entspricht, dahin geht. So entsteht die Trennung der beiden Ionen und damit der elektromotorische Gegensatz an der Platinmolekülgruppe, der zur elektrischen Zerlegung in dem Elektrolyten und so zu immer neuer Steigerung des Gegensatzes führt, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Damit ist nun aber auch die Beziehung gegeben, die ein solches Metall im kolloidalen Zustand mit den organischen Enzymen hat. Die organischen Enzyme stellen, wie ich im Eingange dieses Kapitels sagte, sehr wasserreiche organische morphologische Bil-

dungen dar. In letzter Instanz sind solche Bildungen Blasen, an denen von der organischen Struktur nichts übrig geblieben ist als eine dünne Haut, welche die Flüssigkeit umschließt. Der geringe Gehalt an fester Substanz gegenüber der Flüssigkeitsmenge, die scheinbare Klarheit, der Umstand, daß sie durch ein Filter hindurchgehen, das mikroskopische Bild der Mikrozymen und der Zymogenkörner, d. h. der Bildungsstadien der Enzyme, verwischen dieses Verhalten bei manchem unserer Verdauungsfermente. Nun findet aber durch die Wandung einer solchen Blase zwischen der umgebenden Flüssigkeit und ihrem Innern eine Osmose statt. Bei dieser Osmose zerfallen Elektrolyte in ihre Ionen, wie das fünfte Kapitel des vorigen Abschnittes auseinandersetzt. Das eine Ion passiert durch die Wandung der Blase in das Innere derselben, das andere wird zurückgehalten und bleibt außen. Der Zerfall in die Ionen steigert die Osmose, und diese wieder den Strom. So findet auch hier ein Anwachsen der Wirksamkeit statt, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Was bedeutet nun der? Eine Beziehung zwischen zwei einander entgegengesetzten Wirkungen. Dasselbe Ferment, haben wir bei der Maltase gesehen, kann sowohl zersetzend wie bildend wirken, analytisch wie synthetisch. Wir sehen nun den Grund davon ein. Ein osmotischer Strom kann sich sowohl nach der einen wie nach der anderen Richtung vollziehen. Die Stoffe können sowohl in der einen Richtung von der Umgebung nach dem Innern vordringen, was nach den obigen Betrachtungen eine Zersetzung herbeiführen müßte, wie auch in der umgekehrten Richtung von dem Innern nach der Umgebung, was zu einer Wiedereinigung der Ionen, also zu einer Bildung führen würde. Und die Richtung eines osmotischen Stroms ist bedingt durch die Konzentrationsdifferenzen, welche innerhalb und außerhalb der osmosierenden Membran stattfinden. Wir sehen daher ein, wie in dem vorhin zitierten Beispiele die Steigerung des Traubenzuckergehaltes eine Bildung von Maltose eine Synthese, die Steigerung des Maltosegehaltes, eine Bildung von Traubenzucker eine Analyse herbeiführen müßte. Jede Änderung der Konzentrationsdifferenzen müßte eben die Richtung des Stromes ändern.

Wir begreifen ferner, wie Temperaturerhöhungen die Wirkung der organischen Fermente beeinflussen, denn sie führen die Eiweiße

in den unlöslichen koagulierten Zustand über, und aus Eiweißen müssen die Membranen der organischen Blasen, die wir Fermente nennen, bestehen. Ebenso sind die Gifte, welche die Wirkung der Fermente hemmen, solche, welche die Natur der Eiweißkörper angreifen. Sind wir nun so weit gekommen, so fragen wir, ob denn die Natur der Gerinnungsfermente, des Fibrinfermentes, des Labfermentes gar nicht in diesen Rahmen hineinpaßt? Es wird bei der Gerinnung des Blutes das Fibrin in fester Form ausgeschieden, und das scheint mit der Osmose doch gar nichts zu tun zu haben. Freilich diese festen Ausscheidungen diffundieren nicht, aber die Untersuchung hat ergeben, daß das Zustandekommen der Gerinnung in beiden Fällen an das Vorhandensein von Kalk gebunden ist. Wenn man den Kalk aus dem Blute oder aus der Milch wegnimmt, so kommt es nicht zur Gerinnung trotz dem Zusatz des Fermentes. Sowie dann wieder Kalksalze zugesetzt werden, vollzieht sich bei Anwesenheit der Fermente die Gerinnung sofort. Die Kalksalze müssen in dem Blute, in der Milch irgendwo vorhanden sein, und das Ferment nimmt sie da, wo sie sich befanden, weg, um sie wo anders zuzufügen, und das bewirkt die Ausscheidung. Wohl bemerkt, weder die Entziehung von Kalksalzen noch das Hinzufügen von Kalksalzen an sich bewirkt die Gerinnung. Das ausgeschiedene Fibrin oder Kasein ist nicht reicher an Kalk als das Blut oder die Milch vorher daran war. Aber doch ist der Kalk notwendig für die Wirksamkeit des Fermentes. Und nur wenn die Umstellung des Kalkes durch das Ferment geschieht, ist sie wirksam. Denkt man sich das Ferment wieder in Gestalt solcher Blasen, wie wir das vorhin angenommen, so kann die Trennung des Kalkes aus der Gruppe, in der er sich ursprünglich befindet, dadurch geschehen, daß die Verbindung desselben wie ein Elektrolyt zerfällt und das Ca als freiwerdendes Ion in die Blase hineindiffundiert. Im Innern der Blase muß es dann mit etwas Neuem zusammentreffen, mit dem es sich wieder verbindet und gleichzeitig muß unter dem Einfluß des entstehenden elektrischen Stromes eine eigentümliche Umordnung stattfinden, die dann zur Ausscheidung des Gerinnungsproduktes führt.

6. Die Veränderlichkeit des Organismus.

In den seitherigen Betrachtungen haben wir den Stoffwechsel des Organismus als das Mittel angesehen, durch das er sich den Kräften seiner Umgebung gegenüber erhält. Die Kalorien, die er entwickelt aus den Nahrungsmitteln, dienen ihm im Kampf mit den auf ihn wirkenden Kräften. Sind diese Kräfte wirklich alle Kräfte der Umgebung und kämpft er mit allen? Gibt es nicht auch Kräfte, denen er gewissermaßen angepaßt ist, die sein Leben selbst beeinflussen? Durch die Beobachtung des Frosches, sowohl durch die mikroskopische Beobachtung einzelner Organe wie der Leber, der Milz, wie durch den Vergleich des Gewichtes seiner Organe und durch den Vergleich der Zahlen seiner Blutkörperchen bin ich darauf geführt worden, daß der Organismus regelmäßigen Veränderungen unterliegt.¹⁾ Gerade beim Frosche in seinem Blute am deutlichsten, aber auch bei anderen Tieren zeigt es sich, daß diese Veränderungen periodische sind.²⁾ Die Perioden aber stimmen überein mit den kosmischen Perioden. Wir haben eine Tages-, eine Monats-, eine Jahresperiode. In den kosmischen Perioden haben wir die Wirkung kosmischer Kräfte, die ein Maximum und ein Minimum haben. Wir unterscheiden so eine Periode des Lichts, der Elektrizität, der Wärme, Perioden, die sich untereinander wieder beeinflussen, die sich aber für sich auch deutlich erkennen lassen. Wo wir die gleiche Periodizität haben, dürfen wir auch die gleichen Grundkräfte annehmen, lehren uns die Mathematiker. So würden die kosmischen Kräfte des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität die Veränderungen in den Zellen der Tiere bewirken, eine Annahme, die, wenn wir die Tiere mit den Pflanzen vergleichen, wenn wir auf die vielen bereits bekannten Erscheinungen in der Tierwelt, wie z. B. den Heliotropismus hinblicken, naheliegend erscheinen. Bei dem Frosche enthüllte sich nun auch der Sinn der Veränderung, die in den Zellen vor sich ging. Der Frosch laicht nur einmal im Jahr, er scheidet nur einmal seine Geschlechtsprodukte aus; diese Zeit war aber jedesmal der Wendepunkt der Veränderungen in den Zellen, nach ihr trat der Organismus wieder in den Anfangszustand zurück.

¹⁾ Gaule, J., Die Veränderungen des Froschorganismus während d. Jahres. Pfl. Arch. 87, 1901.

²⁾ Gaule, J. Über den period. Ablauf d. Lebens. Pfl. Arch. 87, 1901.

Es ist also die Bildung der Geschlechtsprodukte gewissermaßen der Wendepunkt in den Veränderungen, die im Laufe des Jahres den Organismus durchlaufen. Zweierlei sind demnach die Einflüsse auf den Stoffwechsel, zweierlei Art die Kräfte, die an den Organismus anpochen. Mit den einen kämpft er, das sind die Kräfte, die wir als die der Umgebung bezeichnen wollen, die anderen beherrschen ihn, sie wirken überall in der Welt, wir wollen sie als die kosmischen bezeichnen. Die letzteren sind nicht ohne Einfluß auf die ersteren, um so mehr die Prozesse, die von ihnen in dem Organismus angeregt werden. Nicht in allen Perioden, die der Bildung der Geschlechtsprodukte zugrunde liegen, finden wir den Frosch gleich kräftig, gleich lustig, gleich energisch. An der Hand der seitherigen Betrachtungen können wir das gut verstehen. Die Kraftentwicklung beruht auf einer Zersetzung, die in den Zellen vor sich geht, auf Grund von Organisationen, die in den Zellen gefunden werden. Damit sie erfolgen können, müssen die Stoffe in den Zellen sich finden, diese müssen sich laden können. Sie laden sich aber von den Säften aus, durch die Osmose, und diese folgt dem Konzentrationsgefälle. Wäre der Inhalt der Zelle immer derselbe, so müßte sich dieses Gefälle zwischen Säften und Zellen bald ausgleichen. Aber die kosmischen Kräfte wirken unaufhörlich und so wird dieser Inhalt und damit das Gefälle sich fortwährend erneuern. So wird die Zelle immer aufs neue geladen. Aber nicht stets in derselben Weise, denn die kosmischen Kräfte unterliegen Perioden, und in jeder Periode wird die Ladung eine andere sein. So lange der Organismus nun in die Welt seiner Umgebung eingepaßt ist, wird sich in ihm vollziehen, was sich in anderen lebenden Wesen auch vollzieht. Die gleiche Periode besteht für alle, es ist für sein Leben keine Gefahr vorhanden. Wohl aber tritt die ein, wenn es in ein anderes Klima, unter andere kosmische Kräfte versetzt wird, da zeigt sich der Unterschied seines Stoffwechsels gegenüber dem seiner Umgebung.

7. Trophische Störungen.

In den Zellen also zerlegen die kosmischen Kräfte die Zellbestandteile und machen die Zellen bereit, aus den Säften neue Nahrungstoffe zu empfangen. In den Zellen entstehen bei der Zer-

legung jene Atomgruppen, welche diese Nahrungsstoffe angreifbar für den Sauerstoff machen und welche zur Entwicklung der Spannkraften führen, wenn hierfür sich die Notwendigkeit ergibt. In der Regel erfahren wir von diesem Vorgang wenig. Eine genauere Untersuchung der Zellen ergab, daß sie nicht in allen Zeiten sich gleich verhalten, das Tier als Ganzes aber zeigt wenig Unterschied, denn der Verkleinerung der Zellen des einen Gewebes hält die Vergrößerung derjenigen eines anderen das Gleichgewicht. Mit der Veränderung des Inhalts der Zellen ist freilich auch eine Veränderung in der Angreifbarkeit behufs Entwicklung der Kräfte verbunden, und wenn solche in den Nerven, in den Muskeln, in den Drüsen sich zeigen, so muß sich das im Verhalten des Tieres gegenüber seiner Umgebung geltend machen. Wir merken das unter Umständen auch, wir sagen ein Tier ist faul, ist scheu, ist unlustig und verkriecht sich. Im Ganzen aber entspricht doch die Beobachtung nicht dem Befund. Es sind ja die kosmischen Kräfte, welche die Veränderung hervorbringen, und an diese kosmischen Kräfte, welche die Welt beherrschen, muß das Leben der Tiere angepaßt sein. Gerade wenn die kosmischen Kräfte den Inhalt von Zellen zerlegen, welche es zum Kampfe mit der Umgebung brauchen würde, muß die Umgebung den Anspruch an einen solchen Kampf nicht stellen, sonst könnte die Existenz nicht erhalten werden. Der Experimentator indessen ist eine Erscheinung, an die die Existenz nicht angepaßt ist. Mitunter macht er Experimente, die diesen Vorgang in den Zellen bloßlegen. Wenn diese Experimente genügend rasch und plötzlich geschehen, so daß der Organismus nicht Zeit hat, sich gewissermaßen vorzubereiten und den Vorgang in den Zellen fallen zu lassen, so treten eigentümliche Störungen auf. Wie läßt er ihn fallen? Ja in dem lebenden Organismus ist doch immer ein Vorgang an den anderen gebunden, fehlt der eine, so fallen die Bedingungen für den anderen dafür.

Die ersten Störungen, welche so beobachtet wurden, waren Veränderungen an der Hornhaut von Kaninchen,¹⁾ welchen man mit einem raschen Schnitt durch ein besonderes Instrument das Ganglion Gasseri durchschnitten hatte. Eine Entzündung folgte, deren

¹⁾ Gaule, J., Der Einfluß des Trigemini auf die Hornhaut. *Zentralbl. f. Phys.* 1891, 15.

Ursache nicht die Unempfindlichkeit des Auges war, denn sie trat nicht ein, wenn nur der Ast des Trigemini durchgeschnitten war, sondern sie erfolgte nur auf die Verletzung des Ganglions hin. Man hat über diese Entzündung viel gestritten, ich habe schon früher mich dafür ausgesprochen, daß sie wirklich eine trophische sei. Daß man sie nicht in allen Fällen erhielt, ist wahrscheinlich drei verschiedenen Ursachen zuzuschreiben.¹⁾ 1. Hat man die Umgebungskräfte ganz von der Wirkung auf die Hornhaut ausgeschlossen. Man hat dabei nicht bedacht, daß es diese Kräfte allein sein können, welche die Hornhaut zerstören und daß die normale Hornhaut sich eben dadurch unterscheidet, daß sie diesen Kräften Widerstand leistet, während die des verletzten Tieres es nicht tut. 2. Muß man das Experiment genügend rasch und unerwartet ausführen. 3. Muß man Kaninchen von einem gewissen Alter für das Experiment verwenden. Untersucht man ein solches Auge, bevor die äußeren Kräfte Zeit hatten, es zu zerstören, so entdeckt man als ursprüngliche Veränderungen, die sich unmittelbar an den Schnitt anschließen 1. Gruben in den Epithel, die von einer Art Verhornung der oberen Schichten desselben herrühren; 2. Gerinnung der Lymphe in der vorderen Augenkammer; 3. häufig, jedoch nicht immer, Zellteilungen in der untersten Schicht des Epithels. Lassen wir 3, das auch anderen Ursachen seine Entstehung verdanken kann, beiseite, so haben wir den Verhornungs- und Gerinnungsprozeß in und unter der Hornhaut. Beides sind chemische Prozesse, deren Chemie wir freilich noch nicht kennen. Nur eins wissen wir, daß zu der Gerinnung Kalk gehört. In Blut oder Milch, in denen man die Gerinnung verhinderte durch Ausfällen des Kalkes, tritt nach Wiederhinzufügen von Kalk die Gerinnung plötzlich ein. An diese Bedeutung des Kalkes wurde ich erinnert, als ich andere trophische Störung in den Muskeln wahrnahm. In den Muskeln Biceps Brachii und Psoas²⁾ bilden sich eigentümliche Gräben, in denen die Muskelfasern zerrissen sind, nachdem man das Ganglion cervicale infimum des Sympathikus auf der gleichen oder der gekreuzten Seite gereizt hat. Diese Gräben werden

¹⁾ Gaule, J., Zur Frage über die troph. Funktionen des Trigemini. Zentralbl. f. Phys. 1892, 13.

²⁾ Gaule, J., Der trophische Einfluß der Sympathicus-Ganglien auf die Muskeln. Zentralbl. f. Phys. 1893, 7.

von Wällen umgeben, und in den Schollen, die die letzteren bilden, findet sich eine eigentümliche Kalkverbindung, die die chemische Untersuchung nachwies. In jedem dieser beiden Experimente war nach einem nervösen Eingriff der Kalk in Geweben plötzlich aufgetaucht, wo er sich vorher nicht fand. Woher kam er? Auf den Einfluß der kosmischen Kräfte hierbei stieß ich zuerst, als ich die Erfahrung machte, als der Muskel von Kaninchen, die dem Experiment unterworfen worden waren, an der Stelle, wo der Graben aufzutreten pflegte, bloß eine gewisse Rötung zeigte. Am folgenden Morgen aber, ohne daß irgendein neues Experiment hinzutrat, oder ein sonstiger Eingriff, der dazu hätte Veranlassung geben können, war der Graben da mit den Wällen zu beiden Seiten und dem Kalk darin. Die kosmischen Kräfte der Nacht hatten also bewirkt, daß der Kalk losgelöst aus einer Verbindung, in der er sich vorher befand, und in der er unsichtbar war, jetzt sichtbar vor Augen trat. Und nun hatte er sich unter dem Einfluß der Reste der Veränderungen, die von dem Experimente herrührten, aufs neue in einer anderen Form niedergeschlagen. Wie wenig aber das Experiment selbst in seinen Umständen charakteristisch war, lernte ich bald darauf, indem ich entdeckte, daß auch ohne Experiment, allerdings seltener, solche Gräben in Psoas und Biceps auftreten können. Es handelt sich einfach um einen Konflikt zwischen Kräften der Umgebung und kosmischen Kräften. Dieser Konflikt ist selten, denn in der Nacht, wo die kosmische Kraft wirkt, ruhen die Kräfte der Umgebung in der Regel. Und die Bedingungen für die Wirkung der kosmischen Kräfte sind nicht immer dieselben. Bald fiel es mir auf, wie in gewissen Jahreszeiten während einiger Monate diese trophischen Störungen sich häuften, während sie in anderen ganz fehlten. Ich mußte an die Veränderungen des Organismus denken, von denen ich im vorigen Kapitel sprach. Es zieht sich durch das ganze Jahr hindurch eine Kette von Wirkungen der kosmischen Kräfte, die den Organismus umbilden, und zu einer bestimmten Zeit haben sie gerade den Gipfelpunkt erreicht, der zu einem Zerfall in denjenigen Zellen führt, die auch durch die Kräfte der Umgebung in

¹⁾ Gaule, J., Neues von den trophischen Kräften des Organismus. Pfl. Arch. 87, 1901.

Anspruch genommen werden können. Wie diese Umbildung alle Gewebe des Körpers ergreift, sah ich dann weiter, als ich die Kaninchen mehr und mehr in den Kreis meiner Beobachtungen hineinzog. Nicht bloß auf Biceps und Psoas beschränkt sich das Vorkommen dieser Gräben, an anderen Muskeln, selbst am Zwerchfell bemerkte ich sie. Klein und übersichtlich erscheinen sie am Hautmuskel, da entdeckt man denn weiter, daß durch jeden solchen Graben ein markhaltiger Nerv läuft, und dieser hat innerhalb des Grabens auf einer kurzen Strecke diejenigen Elemente seiner Markscheide verloren, die sich mit Osmiumsäure schwärzen und ihr die Form geben, vor allem also das Lecithin. Das ist ein neues chemisches Faktum bei diesen trophischen Störungen. Ferner bemerkt man innerhalb des Grabens ein Blutgefäß, welches an einer Stelle stark erweitert, hinter einem sich dazwischenschiebenden halbmondförmigen Gebilde aber verengt ist. Es ist dasselbe Bild, wie wenn in einer Vene, und um solche handelt es sich hier, eine Klappe den sich rückwärts wendenden Blutstrom aufhält. Noch andere Gewebe als die Muskeln bezeugen also die Veränderungen, und was ich im vorigen Kapitel erwähnte, es ist nicht bloß eine, es ist eine ganze Schar derselben, die durch den Organismus hindurchzieht. Hat diese Bildung auch mit diesen Veränderungen etwas zu tun? Als ich auf diesen Gedanken kam, unterwarf ich alle Kaninchen, die dieselbe zeigten, einer Prüfung. Alle waren ihrem Gewichte, ihrem Alter, dem Zustande ihrer Geschlechtsorgane nach bereits reif oder bereits fähig für die Ausübung der geschlechtlichen Funktionen, alle aber zeigten, als ich ihre Epiphysen untersuchte, daß die Grenze noch nicht ganz verknöchert war. Alle waren also auch noch im Wachstum begriffen, sie waren an der Grenze zweier Zustände, des Wachstums und der Bildung der Geschlechtsprodukte, und sie zeigten vielleicht die trophischen Störungen gerade deshalb, weil zweierlei in ihnen miteinander stritt. Einmal müssen ja die Änderungen sich verketteten, die aus der Nahrung das Material für den Aufbau des Organismus bereitet und diesen selbst vergrößert, und das andere Mal entsteht die Kette, die aus den Bestandteilen des Organismus die der Geschlechtsprodukte bildet.

8. Die beiden Wege.

Rasch hebt sich auf Grund der seitherigen Erfahrungen eine Schlußfolgerung für uns ab, nämlich die: Die Nahrungsstoffe, nachdem sie vorbereitet, d. h. zerschlagen in kleinere Atomgruppen in das Blut hineingelangen, werden durch Osmose von hier aus in die verschiedenen Zellen übergehen. Jede Zelle wählt durch die Membran, die sie umgibt, solche Gruppen aus, die sie für ihren Aufbau brauchen kann. In der Zelle aber findet unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte nicht bloß eine Synthese, sondern auch eine Analyse der Bestandteile der Zellen statt, denn jede kosmische Kraft hat zwei Phasen. Wenn aber die Bestandteile zerschlagen werden, dann kommt auch wieder eine Periode, in der die Spaltlinge in größerer Konzentration in der Zelle vorhanden sind, als im Blut und dann kehren sie ins Blut zurück. Was wird aus ihnen dann? Es zieht sich durch den ganzen Organismus ein ihn ändernder Prozeß, der der Bildung der Geschlechtsprodukte. Was in einer Zeitperiode Bestandteil einer Zelle war, das kann in einer anderen Zeitperiode Bestandteil einer anderen Zelle werden. Es ist an das Blut zurückgegangen; jetzt ist in einer anderen Zelle eine Synthese entstanden, in deren Verlauf es in diese hineinrückt. Das geschieht nicht, ohne daß es verschiedene Veränderungen erlitten hat. Denn immer steht während dieser Zeit der Organismus unter dem Einfluß der äußeren Kräfte der Umgebung und des Sauerstoffes der Luft. Kraftentwicklung und Oxydationen, Abspaltungen von Kohlensäure und Wasser, Ringbildungen und Platzen der Ringe unter Hydrierung, begleiten diese Wanderung durch die Zellen. Und vor allem auch Paarungen mit anderen Stoffen, die sie in den Säften oder in den Zellen antreffen. Diese Paarungen, diese Veränderungen sind es, welche sie zur Aufnahme in immer neue Zellen geeignet machen. Und die Stoffe, die sie in den Zellen treffen, mit denen sie sich dort verbinden, machen sie eben geeignet für die Veränderung und Kraftentwicklung. Das Ganze ist eine lange Kette, wenige von den Bestandteilen der Nahrung bleiben schließlich übrig, so daß sie die Kette völlig bis zur Bildung der Geschlechtsprodukte durchmachen. Das meiste geht unterwegs

als sich ausscheidende Kohlensäure oder Harnstoff oder Schwefelsäure oder Wasser oder Phosphorsäure verloren. Wie das alles zusammenhängt, zeigen die trophischen Störungen dann, wenn die ganze Kette in Unordnung gerät. Noch dürfen wir nicht erwarten, diese Kette zu entrollen. Viel zu wenig enthüllt ja die Analyse; viel zu wenig wissen wir von dem chemischen Zusammenhang, ja nur von der chemischen Konstitution der in Betracht kommenden Körper. Aber wenn wir die trophischen Störungen als Wegweiser nehmen wollen, um etwas mehr über diese Kette zu erfahren, so müssen wir vor allen Dingen über den Moment sicher sein, in dem sie in Unordnung gerät. Ich habe im vorigen Kapitel gesagt, es gäbe im Grunde zwei solcher Ketten, die den Organismus durchziehen. Diese beiden Ketten treffen in der Regel nicht zusammen, wo sie aber ausnahmsweise sich kreuzen, da stören sie sich. Diese Ketten sind Wachstum einerseits und Bildung fertiger Geschlechtsprodukte andererseits. Ich sage fertiger Geschlechtsprodukte, weil ein Unterschied darin liegt, gegenüber den schon früh gebildeten. Nun sind, wie ich schon sagte, die Endglieder der ganzen Kette, die den Organismus durchzieht, die Geschlechtsprodukte. Alles was in sie übergeht, hat den Organismus ganz durchwandert, ist also in allen Zellen desselben gewesen. Ursprünglich wanderte die Nahrung in die Zellen hinein, wenn sie darin verändert worden ist, geht sie in die Geschlechtszellen über. So lange der Organismus wächst, aber hat diese Wanderung noch eine andere Art von Ende, nämlich in den neuen Zellen, welche zur Vergrößerung des Organismus dienen. Auch diese müssen ja in einem bestimmten Verhältnis stehen zu den schon vorhandenen, sie sind nicht einfach angesetzt. Um nur ein Beispiel zu erwähnen, die Akromegalie zeigt, welche merkwürdige Beziehungen, die auf solche Durchwanderungen zurückzuführen sind, dabei zwischen verschiedenen Organen wie der Hypophysis und den Knochen existieren. Wie kommen die beiden verschiedenen Ketten dazu, sich zu stören? Wie das Wachstum, unterliegen auch die Geschlechtszellen den kosmischen Kräften. Auch ihr Inhalt wird aufgebaut und abgebaut. Wägungen der Geschlechtsorgane haben große Gewichtsschwankungen in kurzen Perioden ergeben. Wenn dieselben abgebaut werden, so unterliegt das Material demselben Gesetz, von dem ich schon sprach, es kehrt in das Blut zurück, um in die Zellen des Organismus überzugehen.

Bei den noch wachsenden Tieren aber trifft es im Blute die Stoffe, die für den Aufbau neuer Zellen bestimmt sind.

Zwischen dem, was hier zusammentrifft, besteht ein merkwürdiger Gegensatz. Was Bestandteil der Geschlechtszellen geworden ist, das hat jene eigentümliche Scheidung durchgemacht, welche wir chemisch genommen als die Trennung der Eiweißkörper und der Nukleine im allgemeinen bezeichnen können. Was den Organismus aufbaut, ist nach einem ganz anderen Prinzip getrennt. Männliche und weibliche Organismen sind einander ja sehr ähnlich, männliche und weibliche Geschlechtsprodukte dagegen sind verschieden. In den Organismen aber findet die Trennung der Gewebe, vor allem der Repräsentanten der verschiedenen Keimblätter statt. Das Zusammentreffen dieser verschiedenen Arten von Stoffen, d. h. der Stoffe, die nach verschiedenen Prinzipien, nach Prinzipien, die nicht dem Aufbau der Formen entsprechen, welche die Organismen zusammensetzen, getrennt sind, ist es, welche wahrscheinlich die trophische Störung verursacht. Wir sehen das am deutlichsten am Kalk. Nicht umsonst ist er es, welcher durch seine Ablagerung an der Epiphysengrenze das Wachstum begrenzt und die Geschlechtsreife eröffnet. Er ist es auch, welcher bei diesen Störungen in neuen Verbindungen auftritt, welche die Integrität der Gewebe zerstören.

III. Abschnitt.

Histologische Analyse.

I. Das mikroskopische Bild.

Wir gehen davon aus, daß es in sehr vielen Fällen keinen Unterschied macht, ob man einem eben getöteten Tier oder einem noch lebenden, z. B. einem Frosch ein Stück eines Organs entnimmt und davon mikroskopische Präparate anfertigt. Der Tod macht keinen Unterschied in den Befunden, die man zu verzeichnen hat. Man kann also die Organisationen, die das Mikroskop enthüllt, auf das Leben beziehen. Nach den Regeln der besten Technik, die uns zu Gebote stehen, werden nun Präparate angefertigt. Was zeigen dieselben?

Besprechen wir zuerst einmal die Frage, inwiefern diese Technik die Verhältnisse, die im lebenden Wesen stattfinden, wirklich zeigt. Da hat man zunächst die Erhärtungsmittel. Man muß, um deren Wirkung zu studieren sich auf die Stoffe besinnen, die sie in den Zellen antreffen. Da sind vor allem die Kohlenhydrate. Sie können in wässrigen Flüssigkeiten gelöst werden, aber das Glykogen wird durch den Alkohol ausgefällt. So wird man von ihm in den Präparaten erhalten, so viel noch da ist, wenn der Alkohol zur Wirkung kommt. Da wo viel Glykogen in den Zellen sich findet, wie in der Leber z. B. wird sich das bei rascher Behandlung bemerkbar genug machen. Glykogen aber ist für das mikroskopische Bild das wichtigste Kohlenhydrat. Was die Eiweißkörper betrifft, so sind alle üblichen Erhärtungsmittel mit Ausnahme der Osmiumsäure wesentlich für sie berechnet. Die

eigentlichen Eiweißkörper werden auch von allen gut ausgefällt, die Peptone und Albumosen dagegen von der Salpetersäure z. B. nicht, wohl aber von Sublimat und Pikrinsäure. Das kann einen recht erheblichen Unterschied in dem mikroskopischen Bild verursachen. Die Fette werden von der Osmiumsäure in einen in den weiteren Behandlungsmitteln unlöslichen Zustand übertragen, dagegen werden sie von absolutem Alkohol oder bei der nachfolgenden Einbettung in Paraffin gelöst. Da hilft es nun, daß die Fette sich zum großen Teil mit den von Wasser durchdrängten übrigen Bestandteilen der Zelle nicht mischen. Der Raum, in dem sie sich befanden, wird daher nicht von diesen, sondern von dem Mittel, das sie löste und wegnahm, eingenommen. So entsteht doch ein verständliches Bild, das über ihre Menge und den Ort, wo sie in der Zelle sich fanden, Auskunft gibt. Die anorganischen Bestandteile endlich scheiden sich in zwei Klassen, die in Wasser löslichen und die darin unlöslichen. Die ersteren verschwinden, die letzteren nicht, und damit sind die für die Gestalt wichtigsten erhalten. Der Alkohol löst keine von beiden. Fast hätte ich die Nukleine vergessen. Sie sind glücklicherweise sowohl in den wässrigen wie in den alkoholischen und fettigen Medien, mit denen die Zelle behandelt wird, unlöslich, so bleiben sie dem mikroskopischen Bilde am leichtesten erhalten, was für die Geschichte der Erkenntnis der Zelle von großer Wichtigkeit war. Man darf nun auch die Größenverhältnisse nicht aus dem Gesichte lassen. Von Wichtigkeit ist es, daß die Gestalt der Zelle gleich so durch das Erhärtungsmittel fixiert wird, daß die nachfolgenden osmotischen Vorgänge hieran nichts mehr ändern können. Wenn ich sage Gestalt der Zelle, so meine ich auch Gestalt ihrer Teile. Nicht wenige Unsicherheit ist dadurch entstanden, daß die Osmose das Hinein- oder Hinausdringen des Wassers, die Größenverhältnisse dieser Teile in dem mikroskopischen Bilde verändert hat. Das schließt nicht aus, daß die Einwirkung der Behandlung die Größe im ganzen ändert. Wenn das angewendete Erhärtungsmittel alle Teile gleichmäßig in einen festen, widerstandleistenden Zustand überführt, wird auch die Größenänderung überall dieselbe sein, und man wird sie ein für allemal bestimmen können. Sie beträgt an den Präparaten, die wir zunächst unserer Betrachtung zugrunde legen wollen, etwa ein Drittel der ursprünglichen Größe, ein Drittel im

Sinne der Verminderung. Es sind dies die Präparate Ogatas¹⁾ von der Pankreaszelle. Was für Teile, was für Substanzen unterscheiden wir in einer solchen Zelle. Farben und Formen lehrt uns das Mikroskop erkennen. Die einen helfen den anderen. Nicht bloß, um uns die Formen leichter sichtbar zu machen, dienen die Farbstoffe, die wir auf die Präparate einwirken lassen, sie lassen uns auch chemische Unterschiede erkennen zwischen den Substanzen, die sie aufnehmen. Nun unterscheiden wir in der Pankreaszelle, wenn wir den Angaben Ogatas folgen, zunächst der Form nach drei Teile. Zuerst den Zellenleib, der die ganze Zelle umfaßt. In diese eingebettet, aber mehr nach dem von dem Ausführungsgange abgewendeten Teile der Zelle zu gelegen, erscheint der Kern rund, im Gegensatz zu dem Zellenleib, der auf dem Querschnitt viereckig begrenzt wird. Die Rundung des Kerns ist aber die eines Ovals, nicht eines Kreises. In dem Kern befindet sich ein großes eckiges Körperchen, das wir mit Ogata als Plasmosoma bezeichnen. Alle drei Teile unterscheiden sich durch ihre Färbung voneinander. Diese Färbung ist jedoch keine einheitliche, sie läßt in den beiden ersten Teilen wieder eine Differenzierung erkennen. Der Zellenleib enthält nämlich eine Anzahl körniger Gebilde, die sich, mit Eosin gefärbt, herausheben aus den Fäden einer anderen Substanz, die den Farbstoff Nigrosin angenommen hat. Ogata nennt diese Körner Zymogenkörner, wegen ihrer Beziehung zu den wirksamen Bestandteilen des Pankreassekretes. Im Kern dagegen haben wir eine unfärbbare Substanz, welche von Spalten durchzogen und umgeben ist. In diesen Spalten liegt die färbbare Substanz des Kerns. Wir sprechen von derjenigen, welche in der Spalte liegt, die den Kern umgibt, als der Kernmembran, von denjenigen, welche den Kern durchziehen, als den Kernfäden. Wir nennen diese sich färbende Substanz des Kerns auch das Chromatin und sprechen sie auch chemisch an, als das Nuklein, weil dieses Nuklein sich chemisch überall feststellen läßt, wo wir eine ähnliche Färbbarkeit treffen. Das Plasmosoma nun, innerhalb des Kerns gelegen in einer solchen Spalte färbt sich wieder anders, es nimmt die Farbstoffe auf, welche die Kerne der Blutkörperchen, unter Umständen diese letzteren selbst färben, z. B. das Safranin.

¹⁾ M. Ogata, Die Veränderungen der Pankreas bei der Sekretion. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1883.

Wollen wir uns nun Rechenschaft geben über die Bestandteile der Zelle, so haben wir in dem Zellenleib und dem Zellkern einen deutlichen Gegensatz zwischen einer unfärbbaren Substanz, die die eigentliche Gestalt bestimmt, und der färbbaren. Ich will die erstere einmal als Grundsubstanz bezeichnen, ich könnte auch Gerüstsubstanz sagen. Die färbbaren Substanzen lassen sich teilweise extrahieren, und ihre organische Natur läßt sich dann feststellen. Sie stehen in einem gewissen Gegensatz zu den unfärbbaren. Diese unfärbbaren sind nicht extrahierbar, aber sie sind durch Osmose leicht veränderlich. Wenn Kern und Zellenleib solche Grundsubstanzen haben, so müssen wir auch in dem eine eigene Form bildenden Plasmosoma eine solche annehmen. Unter den färbbaren Substanzen haben wir dann im Zellenleib zweierlei, die Körnchen und die Fäden. Wir bezeichnen die letzteren auch wohl als das Protoplasma, die Körnchen als Einlagerungen oder Paraplasma. Endlich läßt uns das Mikroskop noch deutlich erkennen eine Membran, die die ganze Zelle umgibt und freilich auf dem Querschnitt nur als eine einfache Kontur erscheint. So hätten wir denn neun, und wenn wir annehmen, wie es uns die chemischen Analysen erkennen lassen, daß in den Kernen außer dem Nuklein Eiweißkörper vorhanden sind, die wir Histone nennen, zehn verschiedene Teile in den Zellen erkannt. Das mikroskopische Bild zeigt uns noch weiter, wie diese Zellen mit ihrer Innenseite den Ausführungsgang umlagern, an den beiden Seiten des Querschnitts an Nachbarzellen anstoßen, durch die Hüllen von diesen getrennt; an der vierten Seite endlich lagern sie sich der Wandung des Drüsenläppchens, des Acinus oder Tubulus an. An dieser Seite sind sie zugänglich dem Zutritt von Stoffen von außen her, während sie an der inneren Seite Stoffe abgeben können.

2. Änderungen des mikroskopischen Bildes.

Nicht immer bieten die Zellen dieser Drüsen den geschilderten Anblick an. Schon längere Zeit unterscheidet man zwischen dem Bilde der tätigen und der ruhenden Drüse. In der tätigen Drüse fehlen die Zymogenkörnchen in dem Zellenleib, die Zelle ist klein

geworden. Sie hat eben die Zymogenkörnchen an das Sekret abgegeben, und noch oft verrät die unregelmäßige Begrenzung gegen den Ausführungsgang hin die Art, wie die Zellmembran hierbei geplatzt ist und der Inhalt sich in den Gang ergossen hat. Das macht uns gleich etwas nachdenken. Wenn die Zelle ihre Gestalt und Größe veränderte, so kann das, was wir vorhin die Grundsubstanz nannten, bei diesem Erguß der Zymogenkörnchen nicht unbeteiligt geblieben sein. Wenn wir uns aus dem vorigen Kapitel erinnern, wie die Zymogenkörnchen als Einlagerungen in die organische Substanz des Protoplasmas erschienen, wenn wir im voraus weiter der physiologischen Analyse entnehmen, wie das, was die Zymose eigentlich leistet, auf der Oberflächenwirkung beruhe, so erscheint es uns auch ganz verständlich, wie die Grundsubstanz sich an der Bildung beteilige. Sie kann nicht gelöst werden, auch im Sekret nicht, wohl aber kann sie maßlos aufquellen.

Wie wird nun die so den Zellen verloren gehende Grundsubstanz ersetzt? Davon hat uns wieder Ogata eine Anschauung gegeben. Es ist das Plasmosoma, welches aus dem Kern auswandert, sich vergrößert und entweder innerhalb der alten Zelle neue Zymogenkörner oder eine neue Zelle bildet. Was treibt das Plasmosoma aus dem Kern heraus? Offenbar sind es osmotische Strömungen, die es an seiner ursprünglichen Stelle nicht mehr leiden. Damit diese osmotischen Strömungen, die es doch vorher in Ruhe ließen, jetzt sich geltend machen, muß es selbst sich geändert haben. Das ist auch notwendig, wenn es die neue Grundsubstanz liefern soll, denn die des ursprünglichen Plasmosoma im Kern ist doch eine andere als die im Zellenleib *außerhalb des Kerns*. Nur eine gewisse Ähnlichkeit mag existieren, eine Ähnlichkeit, die dem eingreifenden Faktor die Möglichkeit verlieh, diese Änderung und damit die Auswanderung des Plasmosoma herbeizuführen. Es ist der Nerv, welcher eingreift. Als Ogata mit einem eigentümlichen Stichelapparat die Medulla oblongata reizte, schwoll auf einmal die Zahl der erkennbaren Plasmosomen an, und ihre Auswanderung begann. Der Nerv, welcher die medulla oblongata mit dem Pankreas verbindet, erregt durch die Reizung seines Ursprungs, führt von da den Plasmosomen Stoffe zu, die ihre Zusammensetzung verändern. Neue Osmose, die Auswanderung, die Bildung neuer Grundsubstanz unter Auflösung des Plasmosoma

ist die Folge. Zymogenkörner aber bestehen nicht bloß aus Grundsubstanz. Sollen sie, oder gar eine neue Zelle entwickelt werden, so ist die Zufuhr organischer Substanzen notwendig. Die erfolgt dann vom Blut aus. Nicht umsonst umspinnen die Kapillaren das Drüsenläppchen, die Osmose führt fortwährend Stoffe durch die Membran derselben in die Zelle hinein. Aus ihnen bauen sich allmählich die Zymogenkörner und die neue Zelle wieder auf. So lernen wir die Drüsenzelle an der Hand dieser Veränderungen in einer doppelten Eigenschaft kennen. Einmal als eigentümlichen Apparat, der aus seinen Teilen die wirksamen Stoffe im Sekret bereitet. Sodann als Teil des Organismus, dem auf zwei verschiedenen Bahnen die Stoffe zugeführt werden, deren er zur Leistung bedarf. Auf *zwei verschiedenen* Bahnen, das erinnert uns daran, daß es bei der Bildung des Sekretes doch auch zwei verschiedene Momente gibt. Erstens einmal die Anregung zur Herstellung, die wir eben in der Auswanderung des Plasmosoma unter der Einwirkung der Nerven gefunden haben. Sodann wachsen die Zymogenkörner, die Zelle füllt sich, das ist die Wirkung der Blutbahn. Ein gewisser Grad der Osmose, der den Inhalt fortwährend anschwellen macht, muß schließlich das Platzen der Zelle und den Erguß des Sekretes zur Folge haben. Die Erfahrung, die wir der physiologischen Analyse vorausnehmen, hat dann belehrt, wie auch das Eingreifen der Blutbahn unter nervösen Einfluß gestellt ist, wie vielleicht gerade der Erguß des Fermentes von dem Reflexe abhängig gemacht wird, dann, wenn ihn der Organismus gerade braucht. So entdeckte Ludwig die Nerven, welche die Sekretion in der Drüse beherrschen, Claude Bernard diejenigen, die die Gefäße erweitern, die zu den Drüsenelementen hinführen. Wir aber werden von dieser Doppelnatur der Zellen als selbständige Arbeiter und als Teile des Organismus noch oft Gelegenheit haben zu sprechen.

3. Gewebe.

Blut und Nerven sind Gewebe, die den ganzen Organismus durchziehen. Was bedeutet denn das? Zunächst einmal, daß sie überall, oder fast überall, wo wir sie finden, dieselben sind. Ob

wir das Pankreas, wie im vorigen Kapitel, oder die Muskeln, oder die Geschlechtsdrüsen vor uns haben, wir treffen inmitten der eigentümlichen Struktur des betreffenden Organs, Blut und Nerven von überall derselben Beschaffenheit. Nicht bloß aber indem sie überall im Organismus vorhanden sind, vermitteln sie den Zusammenhang, nein, durch sie hindurch geht auch eine Wanderung, eine Wanderung, die uns beim Blute deutlicher ist als bei den Nerven. Wir sagen, das Blut strömt durch den Organismus, dieselben Teilchen, die jetzt in einem Abschnitt desselben sich befinden, gelangen im nächsten Zeitmoment in einen entfernten.

Sehen wir einmal zu, wie es sich dabei verhält. Wir unterscheiden im Blut zwei Teile, die Blutgefäße und den Inhalt derselben. Die Blutgefäße sind ein System von hohlen Röhren, in denen der Inhalt strömt. Diese Röhren haben je nach dem Abschnitt des Systems, das sie darstellen, eine etwas verschiedene Wandung. Allen gemeinschaftlich aber ist der innerste Teil, ein Mosaik aus glatten, sehr dünnen Zellen, den Endothelien. Der Inhalt der Blutgefäße aber zerfällt wieder in zwei Teile, die Blutflüssigkeit und die Blutkörperchen. Überlassen wir alle weiteren Betrachtungen über das Blut der physiologischen Analyse, so sehen wir doch schon jetzt durch den Vergleich mit dem vorigen Kapitel, wie dieser Strom von Flüssigkeit, der sich durch den Organismus wälzt, den einzelnen Organen Stoffe bringt. Woher er diese Stoffe erhält, lassen wir einstweilen dahingestellt, aber die Übertragung dieser Stoffe aus dem Blutstrom in die Zellen der Organe interessiert uns. Wir haben es da zu tun mit dem Vorgang der Osmose durch die Wandungszellen der Blutgefäße hindurch. Sodann gelangen die Stoffe in die Spalträume des Bindegewebes. Weiter geschieht dann ihre Aufnahme immer durch Osmose, wie wir im vorigen Kapitel sahen, in die Zellen der Drüse und in letzter Instanz in die Gebilde, aus denen das Sekret entsteht. Bei der Zurücklegung des ersten Teiles des Weges, durch die Blutgefäßwandung hindurch, erhalten die Schwingungen der Moleküle, welche die Osmose besorgen, noch eine Hilfe, durch die Bewegung des Blutstromes selbst. Der Druck, welcher die Moleküle oder Molekülgruppen der Blutflüssigkeit vorwärts treibt, preßt sie auch gegen die Wandung der Gefäße, namentlich wenn diese ihre Richtung ändern, und addiert sich zu ihrer eigentümlichen Bewegung auf dem Wege hindurch.

Also von dem Gewebe des Blutes empfangen die sich entwickelnden Formgebilde der Speichelzelle Stoffe, die aus einem anderen Teil des Organismus stammen. Merken wir uns zunächst, daß die Gebilde, die in der Zelle der Speicheldrüse geformt werden, zu ihrer Entstehung Stoffe brauchen, die wieder in anderen Zellen gebildet werden. Indessen, wir haben gesehen, um diese Stoffe zum Aufbau von Formen zu verwerten, bedarf es noch der Nerven. Was sind Nerven? Zweierlei Arten kennen wir, die markhaltigen und die marklosen. So wurden sie unterschieden nach der Anwesenheit einer fettartigen Substanz, die in Gestalt einer Art von Röhre die erstere Art von Nerven umgibt. Nach ihrer Anordnung, ihren Verbindungen im Organismus heißen die ersteren auch Cerebrospinalnerven, die letzteren aber sympathische. Wie Fäden sind beide Arten durch den Organismus ausgespannt, aber ihre histologische Beschaffenheit ist sehr verschieden. Die der Cerebrospinalnerven ist röhrenartig, wie ich schon sagte, mit bezug auf die ihnen eigentümliche Markscheide. Man hat sie früher den Blutgefäßen verglichen und als Schläuche angesehen, so lange man dachte, daß im Innern dieser Röhren sich eine Flüssigkeit befände. Mit Hilfe verbesserter Methoden aber korrigierte man diese Meinung dahin, daß sich im Innern der Markscheide, ein fester stäbchenartiger Körper befinde, den man Achsenzylinder nannte. Diese Erfahrung fand dann noch eine Erweiterung, als man sah, daß der Achsenzylinder selbst wieder aus einem Bündel feiner Fäden, den Nervenfibrillen bestehe. Die Markscheide umgibt dieses Bündel wie eine Art Futteral, das verhindert, daß zu dem, was sich im Innern zuträgt, etwas von außen zukommt, oder daß etwas nach außen verloren gehe. Ein eigenes Gerüst besitzt dabei dieses Futteral, ein Gerüst, welches nicht aus dem fettartigen Mark, sondern aus einem eigenen Körper, dem Neurokeratin, besteht. Nicht so bekannt, weil nicht so deutlich ausgebildet, vielleicht auch nicht so studiert, ist die Struktur der zweiten Art, der sympathischen oder marklosen Nerven. Langgestreckte, im Grunde spindel- oder faserähnliche Zellen reihen sich in ihnen an- oder nebeneinander. Man hat dieselben den Achsenzylindern der anderen Nerven verglichen und gesagt, ihnen fehle nur die Markscheide, um jenen zu gleichen. Aber das trifft nur an einzelnen Stellen zu, an anderen Stellen sind die Zellen, welche die marklosen Nerven

bilden, kernreich, wie es die Achsenzylinder nicht sind, und die einzelnen kernhaltigen Zellen sind durch eine Kittsubstanz auch in der Art verbunden, wie wir es bei den Achsenzylindern nicht treffen. In den Fäden der einen wie der anderen Art wandert nun etwas durch den Organismus hindurch. Wir bezeichnen das als eine Erregung, die wir durch einen Reiz hervorrufen können. Manche meinen, es sei nur eine Bewegung, die sich durch die Fäden fortpflanze, manche dagegen halten es auch für einen Stoff, der hier wandere. Wie dem auch sei, da wo die Erregung anlangt, verursacht sie eine Veränderung. Wir erinnern uns an den ersten Abschnitt, in dem wir erfuhren, wie die Plasmahaut des Muskels eine veränderte Permeabilität bekam, sobald die Erregung des Nerven im Muskel anlangte. Wir sahen dort, wie die Ionen in anderer Weise durch die Haut, welche die Fibrillen umhüllt, durchtraten, sobald der Muskel erregt war; wir sahen, wie sich damit die elektrischen Erscheinungen im Muskel änderten, und wir schlossen, wie die Veränderung selbst wieder zur Kontraktion des Muskels führe. Die Analogie, welche dieser Vorgang hat mit der Sekretion des Bauchspeichels, die wir im mikroskopischen Bild zu besprechen begannen, ist deutlich. Wenn die Erregung der Nerven in der Drüsenzelle angekommen ist, so ändert sich auch hier die Permeabilität der Membranen der Zelle oder der Zymogenkörner, oder beider. Aus dem Strom, den das Blut den Drüsenzellen zuführt, werden dann aber neue Stoffe aufgenommen. Dieser Strom selbst aber wird verändert, wenn die Nerven nicht bloß auf die Drüsenzellen, sondern auch auf die Gefäße wirken, wie sie bei einer Speicheldrüse, der Submaxillaris, sicher tun. Welche Ergänzung entnehmen wir diesem Kapitel zu den in dem ersten gewonnenen Anschauungen? Das erste erzählte von den Zellen, die für sich abgeschlossen, eine bestimmte Funktion in einem abgesonderten Organ ausüben. Das zweite macht uns damit bekannt, daß es im Organismus noch etwas anderes gibt, was sich nicht in ein Organ absondert, sondern alle Teile miteinander verbindet. Wir belegen dieses zweite einstweilen mit dem Namen Gewebe, wir müssen uns aber noch vorbehalten, diesen Namen zu untersuchen. Was ist das zweite eigentlich? Seine Funktion scheint in einem Gegensatz zu stehen zu der der Organzellen, denn wir sahen bereits, wie das Blut sicher, vielleicht auch der Nerv, Teile.

die einem Ort entstammen, an einen anderen Ort, an die Gebilde in den Epithelien und Drüsen abgeben, und diese dadurch verändern. Und doch bestehen Blut und Nerven teilweise wieder aus Zellen, und auch diejenigen Teile, die nicht zelliger Natur sind, verdanken ihre Entstehung Zellen. Sie vermitteln die Beziehung zwischen dem Leben des Gesamtorganismus und dem der Zellen, in einer Weise, die wir bald noch zu besprechen haben werden.

4. Zentralisation.

Die Frage, welche ich in der allgemeinen Analyse erörterte: Ist das Leben des Organismus gleich der Summe des Lebens der Zellen oder ist das Leben der Zelle nur ein unbestimmter Teil des Lebens des Individuums?, taucht jetzt wieder auf. Wie verhalten sich Leben des Organismus und Leben der Zelle zueinander? Gewiß wissen wir jetzt, es sind die verschiedenen Gewebe, welche auch bei den einfachsten Vorgängen ihre Eigenschaften vereinigen, um das, was dem Leben des Organismus dient, zu vollbringen. Von jedem Vorgang beträgt der Anteil einer Zelle nur einen winzigen Anteil, und wieder macht jeder Vorgang nur einen kleinen Bruchteil von dem Leben der Zelle aus. Das Blutgewebe, das Nervengewebe einigen alle diese kleinen Anteile zu einem Ganzen, *sie zentralisieren*. Was aber befähigt sie dazu? Sie bestehen doch auch aus Zellen, die Grundlagen ihrer Einrichtungen, ihres Lebensvorgangs müssen überall dieselben sein. Aber ist das ganz richtig? Gibt es nicht neben dem, was gleich ist, auch anderes, was verschieden ist? Und kann nicht gerade durch diese Verschiedenheit der Lebensprozeß des einen Gewebes den des anderen ergänzen? Gewisse Einrichtungen müssen gleich sein, damit überhaupt ein Leben möglich ist, und gewisse Einrichtungen müssen verschieden sein, damit die verschiedenen Teile zusammen existieren können, damit das Leben ein Zusammenleben sei. Ein Gewebe gibt an das andere ab und empfängt dazu wieder. Es produziert, was das andere Gewebe nicht produziert, und indem es dieses an das andere Gewebe abgibt, empfängt es dafür, was es für sein eigenes Leben braucht. So mag das Verhältnis zwischen Nervengewebe und Drüsengewebe und zwischen Bindegewebe und Drüsengewebe in

unserem Beispiele sein. Zu dem Aufbau der Zymogenkörner, zu ihrer Reifung und Loslösung von der Mutterzelle mögen gewisse Bestandteile gehören, die das Drüsengewebe von den Nerven und dem Bindegewebe empfängt, und andererseits werden durch die Zymogenkörner die Nahrungsbestandteile wieder in einer Weise umgewandelt, daß das Produkt der Umwandlung den Nerven, dem Bindegewebe für die Bestreitung ihres eigenen Lebens dient. Wie geschieht das? Was wird an die Drüse abgegeben, wie gestaltet sich andererseits das Leben von Nerven, von Bindegewebe? Aber während man sich dies fragt, steigt bereits die Erkenntnis auf, daß das eine ganz unvollständige Lösung der Aufgabe sein würde. Es ist ja nicht ein beliebiger Nerv, der an die Drüse etwas abgeben kann, es ist ein bestimmter Nerv für die Glandula submaxillaris, die Chorda Tympani, die zur Sekretion des Speichels anreizt. Und dieser Nerv tut es wieder nur, wenn er in bestimmter Weise von der Mund- oder Nasenschleimhaut aus erregt wird. Und diese Erregung geht hindurch durch das Zentralnervensystem. Wie sie verhalten sich unzählige andere Erregungen, die in den einzelnen Geweben den Lebenszustand ändern. Wir sehen, es muß der Gesamtorganismus in einen anderen Zustand versetzt werden, damit in den einzelnen Zellen eine Veränderung vor sich gehe. Wir müssen Appetit haben, damit uns das Wasser im Munde zusammenläuft, um bei unserem Beispiele zu bleiben. Diese Veränderung des Gesamtorganismus aber äußert sich nun auch in dem Verhältnis anderer Teile als bloß der sezernierenden Drüse. Die Blutgefäße in derselben und die zu derselben hinführenden werden weit, und dementsprechend ändert sich der Blutstrom. Entweder beteiligt sich das Herz, oder die Gefäße in anderen Organen werden entsprechend enger. Damit aber wieder ist die Funktion der anderen Organe beeinflusst. In welchem Maße das der Fall ist, sehen wir am besten an dem Beispiele eines Menschen, der lange nichts gegessen, der sehr Hunger hat, wenn er nun etwas Appetitregendes riecht. Wie seine Nüstern sich blähen, wie seine Wangen sich röten, wie seine Muskeln sich spannen. Die ganze Gestalt scheint sich aufzurichten und der sich ankündenden Speise entgegenzukommen. So steht der ganze Organismus unter der Einwirkung eines Reizes. Wir nennen das die Wirkung der Zentralisation. Nun treten uns die Aufgaben gegenüber,

die sich aus diesem Verhalten ergeben. Eine kleine, unmeßbar kleine Veränderung findet statt an der Körperoberfläche, sie wird weitergeleitet in den sie empfangenden Nerven zum Gehirn, und nun breitet sie sich aus. All die Lebensprozesse der sich beteiligenden Gewebe werden von hier aus geändert, überallhin werden, wenn die vorhin gemachte Voraussetzung richtig ist, Bestandteile abgegeben, die zu einer Veränderung notwendig sind. In welcher minimaler Menge muß das geschehen, um den Sturm anzuregen, der durch den Organismus hindurchgeht, von dem wir eben gesprochen. Und wie lawinenartig muß sich doch die Veränderung, die an der Körperperipherie entstand, vergrößert haben, um sich im Gehirn so ausbreiten zu können. Und doch ist das noch nicht das größte Rätsel. Wenn wir sagen, der ganze Organismus gerät in Aufregung, so ist das ein sehr unvollständiges Zusammenfassen dessen, was geschieht. Es ist nicht einfach der ganze Organismus, sondern die einzelnen Teile werden in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander in Erregung versetzt. Manche gar nicht, manche sehr stark. Wir würden uns sehr wundern, wenn wir die Organe der Knochenbildung oder der Blutbildung in analoger Weise zur Tätigkeit angeregt sehen würden, wie die Drüsen der Verdauung. Um uns das noch anschaulicher zu machen, wollen wir einmal annehmen, es handle sich um eine Bewegung. Zwei Männer sind im Kampf, sie fechten miteinander. Ihre Degenklingen berühren sich, die Muskeln beider sind gespannt, die Augen aufeinander gerichtet. Plötzlich fühlt der eine, wie der Druck der Klinge des Gegners nachläßt. Gleichzeitig sieht er, wie das Auge des anderen funkelt, wie dessen Muskeln sich spannen. Kein Zweifel, der Gegner holt zu einem Stoße aus, und von diesen Sinneseindrücken aus geht sofort der Befehl von dem Gehirn aus zu den Muskeln, diesem Stoß zu begegnen, ihn zu parieren. Die Erregung ist aufs höchste gestiegen, aber die Muskeln bewegen die Degenklinge nur um wenige Zentimeter, vielleicht gar Millimeter. Das ist genug, um die Klinge des Gegners abzulenken. Die Befehle des Gehirns, um diese kleine Resultierende zu erzielen, waren mannigfache. Die Muskeln der Hand wurden innerviert, um diese Veränderung der Lage des Degens herbeizuführen, dann die des Armes, um in der neuen Lage eine ebensolche Leichtigkeit der Handbewegung entfalten zu können

wie vorhin, und dem folgen die Muskeln des ganzen Körpers, denn es muß eine neue Gleichgewichtslage gefunden werden, aus der das Herausparieren oder Herausstoßen möglichst leicht ist. Mit einem Minimum von Anstrengung geschieht diese Umstellung, fast spielend, dafür bürgt die erlernte Übung. Aber der Sinn ist doch der, wenn die Bewegung der Hand, bezogen auf ihre Koordinaten, auf die X-, Y-, Z-Achsen, die ihre Lage registrieren, einen gewissen positiven oder negativen Zuwachs erzielt hat, dann müssen auch alle übrigen Organe und schließlich der ganze Körper im Verhältnis zu den feststehenden Koordinaten des Raumes eine Verschiebung erleiden. Und den verschiedensten Muskeln wird durch ihre Nerven von dem Gehirn gerade derjenige Betrag der Erregung zugeführt, welcher sie befähigt, diese Lageveränderung durchzuführen. Alle diese Erregungen sind koordiniert, die Stärkeverhältnisse sind im Gehirn auf das sorgfältigste gegeneinander abgewogen. Mit anderen Worten, die Lage des Organismus im Raume, die Angaben seiner Koordinaten im Verhältnis zu den Koordinaten des Raumes ist fortwährend unter der Herrschaft der vom Gehirn ausgehenden Innervation. Diese bestimmt die Lage im Raume, sie lokalisiert, wenn ich mich dieses Ausdruckes, der schon in anderem Sinne verwendet wurde, hier bedienen darf. Und was ist die Ursache dieser Lokalisation? Ja das Ich ist bedroht, ein Stich des Gegners kann dem Leben ein Ende machen. Daher die Erregung. Die Gesamtheit der Lebensprozesse steht auf dem Spiel. Alles was lebt, ist hier vereinigt, derselbe Organismus, der geduldig der Verletzung eines Fingers zusehen würde, beantwortet das, was dem Leben des Ganzen gilt, mit einer Erregung, die gleichzeitig die höchste Zentralisation und die feinste Lokalisation darstellt.

Auf der Vereinigung dieser beiden Widersprüche beruht unser Verhältnis zur Außenwelt überhaupt. Wo diese Welt auf uns trifft, empfinden wir sie als Ganzes, als Individuum, und wir setzen ihr dann wieder entgegen eine Kraftentwicklung in einem bestimmten Teil von uns. Diese Kraftentwicklung beruht auf einer Veränderung dieses Teiles, dieses Organes oder dieses Gewebes, wie wir jetzt sagen. Und diese Veränderung kann nur dadurch zustande kommen, daß andere Gewebe an das sich Verändernde bestimmte Stoffe abgeben. Aber dieses

Abgeben im Organismus muß auf einer ganz eigentümlichen Zusammenordnung beruhen, so sehen wir jetzt die Sache an. Gleichzeitig wird der Organismus als Ganzes verändert, darauf beruht die Zentralisation, und gleichzeitig werden in einem ganz bestimmten Grade einzelne Teile verändert, darauf beruht die Lokalisation. Welche Beziehungen können nun existieren zwischen dem Aufbau des Organismus als Ganzes und dem der einzelnen Teile? Wenn die einzelnen Teile untereinander so verschieden sind, wie Drüsen, Muskeln, Nerven wie kann ihre Veränderung in Beziehung stehen zu der des Gesamtorganismus?

5. Interzellulärsubstanz und Bahnen.

Wie sind nun diese Bahnen, die den Organismus durchziehen, aufzufassen im Gegensatz zu den Zellen? Um das zu verstehen, muß man sich den Boden ansehen, auf dem sie gebildet werden. Das ist die Interzellulärsubstanz, also eine Substanz, die zwischen den Zellen liegt, die, wie die Untersuchungen M. Schultze's¹⁾ gelehrt haben, von diesen ausgeschieden werden. Aber die Zellen, die diese Bildung besorgen, sind ganz andere als diejenigen, die wir im mikroskopischen Bilde betrachteten. Hätten wir die embryonale Analyse schon gehabt, so würde ich sagen, es sind nicht Zellen der primären Keimblätter, sondern des mittleren Keimblatts. So will ich nur auf eins aufmerksam machen. Diese Zellen haben zum Teil eine Beweglichkeit, sie wandern. Jedenfalls aber ist ihnen eigentümlich eine Veränderlichkeit ihrer Gestalt, welche darauf hinweist, daß ihnen das fehlen muß, was bei jenen Epithelzellen die Festigkeit bedingt, nämlich die Grundsubstanz. Sie können der Interzellulärsubstanz nicht geben, was sie nicht selbst besitzen. Als eine schleimartige Substanz ist dieselbe zuerst verbreitet. Später bildet sie das feste Skelett des Organismus in den Knochen, da nimmt sie diese Grundsubstanz wieder auf, freilich in einer anderen Weise, als sie sich in den Knorpeln findet. In der Zwischenzeit aber, und von jenem späteren Stadium werden wir erst

¹⁾ M. Schultze, vergl. L. Ranvier, Technisches Lehrbuch der Histologie, übers. v. Nicati u. v. Wyss. Leipzig, 1877.

in der biologischen Analyse sprechen, ordnet sich diese Schleimsubstanz in zwei verschiedene Formen in collagene, leimgebende Fibrillen und in elastische Fasern. Es ist eine Eigentümlichkeit beider, vielleicht zusammenhängend mit dem Mangel an Grundsubstanz, daß sie nicht in einzelne Territorien zerfallen. Die Abschnitte, welche von den einzelnen Zellen abgedeutet wurden, wachsen zusammen, und es bilden sich daraus Fäden. Zwar sind diese Fäden zweierlei Art, die einen laufen miteinander parallel in Bündeln vereint, die anderen durchkreuzen sich nach allen Richtungen. Noch mehr erscheint ihre chemische Natur verschieden, die ersteren quellen auf mit den schwachen Säuren, die letzteren sind resistent gegen Säuren und Alkalien. Beiden gemeinschaftlich ist jedoch das Zusammenschließen und Auswachsen zu Fäden, die Teile oder den ganzen Organismus durchziehen. Das muß eine Wirkung ihrer chemischen Zusammensetzung sein und das charakterisiert sie als etwas von dem in den Zellen Vorhandenen ganz Verschiedenes. Sie sind Produkte einer anderen Art von Bildung, eines anderen Wesens. Den Boden dieser Fäden, die den Organismus durchziehen, suchen die Bahnen auf, von denen wir sprachen, das Blut, die cerebrospinalen, die sympathischen Nerven. Drei verschiedene Bahnen sind das, die nicht gemeinschaftlich, die in verschiedenen Richtungen ziehen. Und ebensowenig haben sie eine Gleichheit in ihrer Struktur und ihrer Funktion. Nur in bezug auf die letztere ergibt sich eine gewisse Ähnlichkeit zwischen den sympathischen und den Cerebrospinalnerven, eben so groß, wie die Annäherung zwischen diesen beiden, wird die Trennung beider von dem Blute. Das einzige, was ihre innere Verwandtschaft begründet, ist eben ihr Durchziehen des Organismus, eine Verwandtschaft, die aber, wie wir jetzt schon einsehen, viel mehr begründet ist, auf dem Boden, auf dem sie sich entwickeln, als auf dem, was nachher eintritt. Gehen wir nun weiter und weiter zurück in der Entwicklung, bis zu den allerersten Anfängen des Organismus, so entdecken wir, daß das, was sie zu ihrer Entwicklung benutzen, die Spalten sind, die zwischen den ersten Zellen übrig bleiben. Drei aufeinander senkrecht stehende Spalten sind es, so lehrt uns die Embryologie, die ursprünglich vorhanden sind. Wir benutzen es und müssen es benutzen, um uns den Verlauf dieser Bahnen klar zu machen. Drei solcher Spalten, die senkrecht

aufeinander stehen, müssen sich teilen in einem Punkte, der das Zentrum des zu jener Zeit bestehenden Organismus ist. Wir können auch ihren Verlauf beschreiben, indem wir sagen, sie verbinden dieses Zentrum mit der Peripherie des Organismus in drei Ebenen, die den Koordinaten entsprechen. Jede dieser Spalten, und das was die Zellen zwischen sich in diese Spalte ausgeschieden haben, wird benützt von einer dieser Bahnen. Jede der Bahnen verbindet also die Peripherie des Organismus mit dem Zentrum. Das Zentrum der Bahn ist aber nicht immer das gemeinsame Zentrum des Organismus. Mit der Zeit bilden alle Bahnen ihre eigenen Zentren aus, die freilich untereinander im Zusammenhang bleiben. Wir können daher in jeder Bahn unterscheiden einen zentripetalen und einen zentrifugalen Teil, wobei wir freilich annehmen müssen, daß jeder Zweig zunächst sowohl der einen wie der anderen Aufgabe dienen kann. Erst nachher verdoppeln sie sich, und es tritt dann für das Blut das Neue hinzu, daß beide Zweige an der Peripherie miteinander in Verbindung treten, wodurch der Kreislauf möglich wird. Haben wir uns so über das, was allen diesen Bahnen gemeinsam ist, orientiert, so tritt uns um so deutlicher die Verschiedenheit entgegen, welche die Entwicklung mit sich bringt, und die uns Histologie und Anatomie enthüllen. Da haben wir in der Blutbahn den eigentümlichen doppelten Gefäßbaum, der von dem Herzen ausgeht und zum Herzen zurückkehrt. Viel weniger zentriert erscheinen auf den ersten Blick die Nerven, welche paarweise von der Peripherie zum Zentralnervensystem oder zum Grenzstrang hinziehen und ebenso zur Peripherie zurückwandern. Das Zentralnervensystem dient eben in einer Weise, von der ich noch sprechen will, selbst der weiteren Zentralisation.

Wir haben dann in der Blutbahn Abkömmlinge des mittleren Keimblattes. Wie die Interzellulärsubstanzen, welche die Bahn zuerst anlegten, so sind auch die Zellen und Gebilde, welche in dem Blute später erscheinen, Abkömmlinge dieses mittleren Keimblattes. Denn das Blut erscheint nicht an der Körperoberfläche, es bleibt im Innern. Dagegen bei den Nerven schieben sich die Epithelzellen, welche die innere und die äußere Körperoberfläche bekleiden, wirklich in diese Bahnen der Interzellulärsubstanz ein, und ihre Abkömmlinge bauen die Nerven auf. Wir erkennen die Differenz der Aufgabe. Die Nerven haben zu dem Zentrum des Organismus hinzube-

fördern das, was an die Oberfläche anschlägt, und im Innern die Kraftentwicklung anzuregen, die dem begegnet; das Blut hat im Innern die Stoffe dahinzubringen, wo sie gebraucht werden. Wir erkennen auch das, was gleichartig in dieser Aufgabe ist. Es ist die Zentralisation, die Verbindung aller Teile mit dem Zentrum, die Unterordnung unter das Zentrum. Die Möglichkeit dieser Verbindung, so haben wir in diesem Kapitel gelernt, erlangen die Zellen der verschiedenen Keimblätter, durch die Benützung der Interzellulärsubstanzen, durch die Ausnützung der Eigentümlichkeiten, die in deren chemischem und physikalischem Aufbau gegeben sind. Man muß aber da lernen, gleich wieder den Unterschied zu machen zwischen dem Durchheitwerden eines Nerven, durch eine Botschaft, die von der Oberfläche kommt, und dem Transport eines Stoffes im Blut. Es ist das wie ein aktives und passives Wandern.

6. Blut.

Sehen wir uns einmal eine dieser Bahnen und was in ihr wandelt genauer an. Wenn wir von den Kräften sprechen, die die Wanderung bewirken, und von dem, was im Organismus sich zu trägt, werden wir uns noch damit beschäftigen müssen. Aber das, was uns dieser Abschnitt und die beiden vorigen Abschnitte gezeigt haben, gibt uns schon Veranlassung genug, die Anwendbarkeit der dort abgeleiteten Regeln auf das Blut zu prüfen. In ihm haben wir das Plasma und die darin suspendierten Körperchen, rote und weiße. Nach dem vorigen Kapitel sind dieselben Abkömmlinge des mittleren Keimblattes, und diesen Zellen kommt es zu, eine Interzellulärsubstanz zu haben. Als eine solche aber können wir auch das Plasma ansehen. Ursprünglich waren die Interzellulärsubstanzen schleimig, sahen wir weiter. Der schleimige Zustand geht in den flüssigen über, wenn die Reaktion alkalisch wird. Die Reaktion des Blutes aber ist alkalisch, und so wird das Plasma eine flüssige Interzellulärsubstanz. Die nahe Verwandtschaft, welche dasselbe mit den frühen Stadien der Interzellulärsubstanzen des Bindegewebes hat, wird uns durch die chemischen Verschiedenheiten, die wir zwischen beiden entdecken, nicht in den Hintergrund

gedrängt, denn chemisch genommen ist ja das Plasma keine Einheit. Wir wissen wohl, daß wir in ihm neben der Interzellularsubstanz es noch mit vielen anderen Stoffen zu tun haben, für die es bloß das Transportmittel ist. Jene weitere Eigenschaft der Interzellularsubstanz, daß sie sich zu Fäden vereinigt, welche den Organismus durchziehen, können wir uns auch in dem Plasma verwirklicht vorstellen. Es ist ja kolloid. Nur sind die Fäden eben so fein, daß sie keinen Widerstand leisten. Das tritt erst ein in einem Fall, der sich auch aus unserer Betrachtungsweise ergibt. Wir haben oben gesagt, daß es eine Eigentümlichkeit der Deszendenten des mittleren Keimblatts ist, daß es ihnen an der anorganischen Grundsubstanz fehlt, welche die feste Zellengestalt bedingt. Nun ist das Blut aber doch der allgemeine Vermittler der Stoffe, welche die Epithelzellen für ihren Aufbau brauchen. Es muß also auch die Grundsubstanzen transportieren. Damit es dies könne, müssen die Grundsubstanzen in eine andere Form übergchen, sie müssen löslich werden. In der alkalischen Reaktion des Blutes aber kann die eine dieser anorganischen Grundsubstanzen, der Kalk, aber bloß löslich werden, wenn er in eine organische Bindung übergeht. Wenn er aus dieser herausgeführt wird, dann wird er zur Grundsubstanz für das Plasma, das jetzt die Rolle der Interzellularsubstanzen deutlich spielt. Es gerinnt und wird fest.

Wenden wir uns zu den Zellen des Blutes. Die einen, die farblosen, die Leukozyten, dieselben, welche auch in das Bindegewebe übergehen, sind in ihrer Form variabel, beweglich. Sie besitzen einen oder mehrere Kerne von veränderlicher Form, was von dem Mangel der Grundsubstanz des Kernes in der uns seither bekannten Form abhängt. Sie besitzen ein Protoplasma, oft mit Einlagerungen, und eine äußerste Schicht desselben, die der Rolle der Zellmembran entspricht. Was die roten Körperchen entspricht, so erregen sie unser Staunen auf zweierlei Weise. Einmal durch ihre bestimmte feste Form und Größe, sodann durch die Abwesenheit eines Kerns. Das erstere deutet hin auf die Anwesenheit einer Grundsubstanz, und doch haben wir eine solche den Zellen des mittleren Keimblatts abgesprochen. Aber muß diese Grundsubstanz anorganisch sein? Ja kann die Rolle einer Grundsubstanz nicht ausgefüllt werden durch organische Substanzen, welche in wässrigen Medien nicht löslich sind, also durch Fette? In der Tat können wir

nachweisen, daß solche Fette die Gestalt der roten Blutkörperchen bedingen. Wir können sie durch Äther oder andere fettlösende Mittel auflösen. Wir können noch weiter gehen. Wir können ein Wesen herstellen, welches genau die Form der Blutkörperchen hat, indem wir den Farbstoff von diesem trennen. Wir nennen es sein Stroma. Es muß das, was die Grundsubstanz darstellt, enthalten. Es besteht aus Cholesterin und Lecithin, den beiden Lipoiden.

Weiter haben die roten Blutkörperchen bei den Säugetieren keinen Kern. Aber sie sind nicht überall kernlos. Bei allen Wirbeltierklassen außer den Säugetieren haben sie Kerne. Sie sind auch bei diesen nicht immer kernlos. Bei den Embryonen haben sie Kerne, und jedesmal dann, wenn die Blutkörperchen sich vermehren, stellen die Kerne sich wieder ein. Sie scheinen bald die Blutkörperchen zu verlassen, bald in diese wieder einzudringen. Der Ort, wo dieses geschieht, ist das Knochenmark, und die Ursache dieses Wechsels liegt wohl in dem Ein- und Austreten der Grundsubstanz für die Kerne, dem Tricalciumphosphat, ein Wechsel, von dem wir eben gesprochen.

Wenden wir uns zu der physiologisch-chemischen Analyse. In der haben wir etwas erfahren über den Farbstoff, der in den Blutkörperchen sitzt. Wir lernten dort, daß er viermal den Hämopyrrolkern enthalte, zusammengebunden durch Eisen. Wir lernten dort weiter, wie aus einer Spaltung dieses Farbstoffs, wobei das Eisen wegfiel, die Gallenfarbstoffe entstehen. Jetzt lernen wir, wie alle Pigmente des Organismus, durch ein solches Übertreten des Blutfarbstoffs in andere Gewebe gebildet werden. Überall spaltet sich das Eisen ab, überall finden wir isoliert oder vereinigt die Pyrrolkerne wieder. Die Bildung der Pyrrole aber sehen wir als einen der ersten Akte der Bildung der Substanzen des Organismus aus den eingeführten Nahrungsbestandteilen an. Seine Verbindung mit dem Eisen aber begrüßen wir wegen der Doppelwertigkeit des Eisens als das Mittel, den Sauerstoff im Organismus überall hinzuführen.

Der Abschnitt der physikalisch-chemischen Analyse hat uns belehrt über den Strom von Molekülen, der durch die Membranen hindurchgeht, welche die tierischen Zellen abschließen. Wir haben dort gesprochen von den isotonischen, den hypo- und hypertoni- schen Lösungen, in welchen solche Zellen herumschwimmen. Die

Suspension der Blutkörperchen ist ein typisches Beispiel von dem Schwimmen in einer isotonischen Lösung. Jede Veränderung der Tonizität des Plasmas bedingt eine Gestaltsveränderung der Blutkörperchen, so daß diese mit ihrer schließlichen Folge, dem Platzen der Blutkörperchen, sogar ein Zeichen ist für die Änderung des Druckes, den die Flüssigkeit ausübt. Hamburger¹⁾ hat auf dieses Platzen eine Methode gegründet, um den osmotischen Druck zu bestimmen. Sind die Blutkörperchen aber so empfindlich und behalten sie doch ihre Gestalt in dem zirkulierenden Blut, so beweist uns das, daß das Plasma sich immer auf demselben Status des osmotischen Druckes halten muß. Unaufhörlich geht der Strom aus dem Blute heraus, wenn die Gewebe durch dasselbe ernährt werden, unaufhörlich muß auch der Strom wieder hinein gehen, wenn sich das Gleichgewicht erhalten soll. Das gilt hauptsächlich für die Salze, von denen der osmotische Druck zum großen Teil abhängt, das gilt nicht minder auch für die Kohlensäure, denn sie, wie wir durch Gürber²⁾ wissen, beeinflußt die Permeabilität der Hüllen der Blutkörperchen.

7. Nerven und Muskeln.

Etwas wird lebendig in dem Muskel, wenn der Nerv ihn erregt, er bewegt sich, er übt eine Kraft aus, um dann wieder zur Ruhe überzugehen. Was bedeutet das? Noch beschäftigen wir uns nicht mit dem Gang der Entwicklung von Kräften, die durch den Organismus hier hindurchziehen. Aber die Verbindungen, an die dieselbe geknüpft ist, die morphologischen Gebilde, die diese Entwicklung leisten, müssen wir ins Auge fassen. Der Nerv ist eine der Bahnen, von denen wir jüngst sprachen. Wir haben da ausgemacht, daß er ausgehe von Interzellulärsubstanzen, die zwischen den Zellen liegen in den Spalten, und in denen sich Epithelzellen von der Oberfläche ansiedeln. Aber warum verbindet dieser Nerv

¹⁾ Hamburger, Über die durch Salz- und Rohrzucker-Lösungen bewirkten Veränderungen der Blutkörperchen. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1886 u. 87.

²⁾ Gürber, Über den Einfluß der Kohlensäure auf die Verteilung von Basen u. Säuren zwischen Serum und Körperchen. Sitzungsber. der Würzb. Phys. med. Ges. 1895.

nicht, wie wir da annehmen, die Oberfläche mit dem Zentrum, und das Zentrum mit der Oberfläche, warum zieht er zu den Muskeln hin? Eine Verbindung mit der Oberfläche ist jene Erregung auch, die der Nerv zum Muskel bringt. Sie beginnt mit einem Reiz auf die äußere Körperoberfläche.

Die erste Vorstellung, die sich erhebt, ist die, der Nerv bindet Epithel der Oberfläche und Muskel zu einem Wesen zusammen, zu einem Wesen das lebt, sich bewegt. So lange die Verbindung dauert, ist dieses Leben da, dann versinkt es wieder vor dem allgemeinen Leben des Organismus. Die Muskeln wie die Epithelien der Oberfläche machen nur einen Teil aus von dem Gesamtorganismus. Aber wieso wird jenes Epithel mit den Muskeln verbunden? Warum durchziehen die Nerven den Organismus nicht von Oberfläche zu Oberfläche? Das tun sie aber doch. Jenem Ast, der die Oberfläche der einen Seite mit dem Zentrum verbindet, entspricht ein anderer, der dies für die Oberfläche der anderen Seite tut. Aber dieser ist nicht die Fortsetzung des anderen, die Erregung wandert nicht *auf ihm* wieder aus dem Zentrum heraus, sondern *auf dem Nerven*, den wir den motorischen nennen. Also nicht die gleichartigen Epithelien werden durch den Nerven in Verbindung gesetzt, sondern Epithel und Muskel. Nichts verrät uns in den Bahnen diese Ungleichheit. Der sensible wie der motorische Nerv, der zentripetale wie der zentrifugale Ast sehen sich zum Verwechseln ähnlich. In beiden haben wir als Reste der Interzellulärsubstanz, auf der sie sich aufbauen, die Schwannsche Scheide mit den Lymphbahnen, die auf ihr und unterhalb von ihr liegen. Dann erinnert an das Epithel der Oberfläche ihre Markscheide mit dem Gehalt an Neurokeratin und den Lipoiden. Zu innerst liegt im motorischen wie im sensiblen Nerven der Achsenzylinder, ein Fortsatz der Ganglienzelle. Dagegen die Verbindungen des Nerven mit den Epithelien einerseits, mit den Muskeln andererseits unterscheiden sich. Feinste Fäden beginnen *zwischen* den Epithelien in der Hornhaut, *in* den Epithelien am Froschlärvenschwanz und vereinigen sich zu Geflechten, die unter dem Epithel liegen. Aus diesen Plexus, in denen die Fäden noch keine Markscheide besitzen, entwickeln sich die markhaltigen Nerven unter der Hilfe von einigen Zellen von dem Charakter zu Grunde gehender Epithelien. An den Muskeln dagegen endigt der Nerv

mit einer eigentümlichen Bildung, der Nervenendplatte oder dem Nervenendhügel. Seine Schwannsche Scheide verschmilzt mit dem Sarkolemm des Muskels, und die genauere Untersuchung hat ergeben, daß es auch nur die Markscheide ist, welche in dieser Platte an der Oberfläche der Muskelfaser endet, der Achsenzylinder dagegen setzt sich in die Muskelfaser hinein fort, bis zu den Zwischenscheiben, welche die einzelnen Muskelprismen trennen.

Wenn wir nun unseren früheren Betrachtungen folgen, so müssen wir annehmen, so gut wie von dem Epithel der Oberfläche aus in den Bahnen der Interzellulärsubstanz sich ein Weg ausbildete zu dem Zentrum hin, so gut bildet sich auch ein solcher Weg zu dem Muskel hin. Nur ist in diesem die Leitung gerade eine umgekehrte wie in jenem. Steht das in Zusammenhang mit der veränderten Aufeinanderfolge der Entstehung, die der Ausgang vom Muskel gegenüber den Epithelien bedingt. Der zentrifugale und der zentripetale Ast stehen nicht unmittelbar im Zusammenhang. Beide endigen in Ganglienzellen, den sensiblen und den motorischen. Und doch geht die Erregung von der einen auf die andere über. Möglich, daß Apathy¹⁾ und Bethe²⁾ recht haben, und daß Fibrillen aus den sensiblen in die motorischen Fasern den Weg für die Erregung leiten. Möglich auch, daß die Experimente von Lombard³⁾ zeigen, daß kein solcher bestimmter Weg existiert, und daß die Resultate von Sanders Ezn⁴⁾ dahin interpretiert werden müssen, daß zwischen beiden Zellen ein gewisser Widerstand existiert.

Die Ermüdung vergrößert diesen Widerstand, die Stärke des Reizes läßt ihn überwinden. Möglich ist es endlich, daß beide Ansichten sich versöhnen lassen. Die Färbungen von Apathy und Bethe zeigen schließlich nur, daß gewisse Stoffe auf gewissen Wegen aus den sensiblen Nerven in die motorischen übergehen, die Experimente von Lombard dagegen auch nur, daß dies in der Regel geschieht, daß aber auch andere Wege, auf denen eine solche

¹⁾ Apathy, Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformiert werden? Biol. Zentralbl. IX., 1889.

²⁾ Bethe, A., Allgemeine Anatomie u. Physiol. d. Nervensystems. Leipzig 1903.

³⁾ Lombard, W., Die räuml. u. zeitl. Aufeinanderfolge reflektorisch contrah. Muskeln. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1885.

⁴⁾ Sanders Ezn, Arbeiten a. d. physiol. Anst. z. Leipzig 1887.

vorgebildete Bahn nicht oder nicht in der gleichen Weise existiert, eingeschlagen werden können. Genug, der Übergang findet in der Regel statt; der sensible und der motorische Weg werden so durch den Übergang von Stoffen miteinander verbunden und damit die Epithelzelle und der Muskel. Ein Aufleben eines Speziallebens ist die Folge, wie ich im Eingang dieses Kapitels sagte, so lange dieser Übergang dauert. Was verbindet sich da wirklich?

Die Muskeln, so belehren uns die Embryologen,¹⁾ stammen von dem mittleren Keimblatt ab, die Epithelien der äußeren Oberfläche dagegen von dem äußeren. Es sind auch eine Art Epithelzellen, welche die Anlage der Muskeln ursprünglich bilden, aber Epithelien der Leibeshöhle zu vergleichen mit jenen, welche die Anlage der Geschlechtsorgane bilden, von denen wir später noch sprechen werden. Bald findet eine völlige Umordnung in diesen Epithelien der Leibeshöhle statt. Sie wachsen unter Mitwirkung des Bindegewebes zu den Muskelblättern oder Muskelprimitivbündeln aus. Also zwei ganz verschiedene Dinge dienen als Ursprungsstätten der Nerven, zwei ganz verschiedene Dinge werden im Moment des Übergangs vom sensiblen auf den motorischen Nerven miteinander verbunden, so daß ein neues Wesen entsteht. Die Gleichheit in dem zentrifugalen Nerven gegenüber dem zentripetalen, bei der Verschiedenheit des Ursprungs zeigt uns, daß diese Verschiedenheit gerade auf einer Umkehrung beruhen muß. Wir lernen so etwas Neues. Wie es in dem Organismus die Eigentümlichkeit der Bahnen gibt, wie es die Eigentümlichkeit beweglicher Wesen gibt, die in verschiedenen Geweben verteilt liegen können, so gibt es noch ein drittes, nämlich eine Umordnung der Teile der Bahnen und der beweglichen Wesen zueinander. So merkwürdig ist der Organismus aufgebaut. Nicht bloß neue Verbindungen entstehen, nein auch das schon bestehende muß sich ändern und kann sich ändern, wenn neue Bahnen sich entwickeln und wenn der Organismus der Außenwelt entgegentritt.

Wir haben hier für unsere Betrachtung den willkürlichen Muskel und den Cerebrospinalnerven gewählt. Ein ganz ähnliches Verhältnis aber besteht auch zwischen dem sympathischen Nerven und dem unwillkürlichen Muskel. Der sympathische Nerv aber

¹⁾ Hertwigs Lehrbuch d. Entwicklungsgesch. 2. Jena 1888.

geht von der inneren Körperoberfläche aus, wie uns die Nervisplanchnici zeigen. Er hat keine Markscheide, einen anderen noch wenig studierten Bau. Aber er breitet sich auch auf den Bahnen der Interzellulärsubstanz aus. Er hat auch einen zentripetalen und zentrifugalen Ast, verbunden durch Ganglienzellen. Entsprechend dem anderen Bau, den anderen Stoffen, die er transportiert, endigt er auch anders an: Muskel. Er dringt, wie Lahousse¹⁾ gesehen hat, an der Vorhofscheidewand des Froschherzens in die Kerne der Muskelfaser ein. Was er verbindet ist also etwas anderes, als was der Cerebrospinalnerv verbindet, und doch entsteht auch ein Moment des Speziallebens durch ihn. Wie verhalten sich diese so verschiedenen Spezialleben zueinander und zu dem Gesamtleben?

8. Moleküle, Granula, Zellen.

Es hat seinerzeit nicht geringes Aufsehen gemacht, als Altmann²⁾ beschrieb, wie er in dem Protoplasma der Zellen bei geeigneter Behandlung Körner entdeckte, die er Granula benannte. An der Hand seiner schönen Präparate stellte er die verschiedenen Granula zusammen und bezeichnete dieselben nunmehr als die Elementarorganismen der Zellen. Mir war dieser Befund nicht unerwartet gekommen, denn schon in der Arbeit von Stolnikow³⁾ sind in dem Protoplasma der Leberzellen nach der Phosphorvergiftung solche Granula, die den Altmannschen sehr ähnlich sahen, abgebildet und beschrieben. Noch deutlicher sind diese Granula, wenn man nicht mit Phosphor, sondern mit Selen und Tellur vergiftet, wie Klikowicz⁴⁾ unter meiner Leitung es damals tat. Diese Experimente sind nicht beschrieben, denn als ich begann das Protoplasma unter dem Einfluß bestimmter in den Stoffwechsel eingeführter Substanzen zu studieren, drängte sich eine Menge von

¹⁾ Lahousse, Die Struktur des Nervenplexus in der Vorhofscheidewand des Froschherzens. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1886.

²⁾ Altmann, Die Elementarorganismen usw. Leipzig 1890.

³⁾ Stolnikow, Vorgänge in d. Leberzellen, insb. bei d. Phosphorverg. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. Supl. 1887.

⁴⁾ Gaute (Klikowicz), Über die Beziehung d. Struktur d. Gifte zu d. Veränderungen in d. Zellen. Zentrabl. f. Phys. 1888.

Befunden an mich heran, welche ich damals nicht übersehen konnte. Was ist von den Bildern, die man da erhält, im Leben wirklich vorhanden, was entsteht erst beim Sterben, was ist die Wirkung der Erhärtungs- und Färbungsmittel? Über die letztere hat zunächst Krehl eine umfangreiche, durch meine Übersiedelung nach Zürich leider unterbrochene und daher unvollendete Arbeit angestellt. Aber eines ergab sich schon aus seinen Resultaten mit Sicherheit, nämlich der Einfluß, den die osmotischen Bedingungen, unter denen die Erhärtung stattfindet, auf das mikroskopische Bild haben. Als daher Fischer¹⁾ die Befunde Altmanns wesentlich zurückführte auf die Methode der Erhärtung und zeigte, wie man von demselben Präparate unter der Einwirkung verschiedener Arten der Erhärtung ganz verschiedene Bilder erhalten könnte, gab ich ihm recht, und in einer kurzen Bemerkung²⁾ zu einer Arbeit von Metzner³⁾ hatte ich im wesentlichen dasselbe gesagt.

Indessen, ob man nun Granula oder Fäden im Protoplasma erhält, irgend etwas Eigentümliches erhält man immer. Die Trennung von Artefakt und Lebensstruktur läßt sich in der Weise, wie man es seither getan, nicht aufrecht erhalten. Was lebt, erleidet die Einwirkung chemischer Reagentien und ist selbst durch diese gebildet. So mögen die Granula sowohl auf natürlichem wie auf künstlichem Wege entstehen. Ob das immer dieselben sind? Wir müssen um das zu entscheiden, außer dem morphologischen Befund noch andere Kriterien haben. J. Arnold⁴⁾⁵⁾ hat vor kurzem wieder die Granula in vielen Zellen gesehen und darauf hingewiesen, daß viele von den Plasmosomen abstammen. Das ist ein Befund, der mit dem, was ich weiterhin auseinandersetze, ganz übereinstimmt. Es muß etwas stecken zwischen der Lösung und der Zelle, etwas, was

¹⁾ Fischer, A., Zur Kritik d. Fixierungsmethoden in d. Granula. Anat. Anz. IX, 1894.

²⁾ Gaule, Über das Auftreten von Fett in den Zellen usw. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1890.

³⁾ Metzner, Über die Beziehung d. Granula zum Fettansatz. Arch. f. A. u. Phys. Anat. Ab. 1890.

⁴⁾ J. Arnold, Über Granulafärbung lebender u. überl. Gewebe. Virch. Arch. CLIX, 2.

⁵⁾ Derselbe, Weitere Mitteilungen über vitale u. supravit. Granulafärbung. Anat. Anz. XXIV.

wir als Struktur dieser Massen ansehen müssen, handle es sich bei diesen Massen um Protoplasma oder Kern. Dieses Etwas steht zwischen den Molekülen und den Zellen, was ist es eigentlich? So lange ich nicht in den Typus des Lebens, in das Wesen der eigentlichen Elementarorganismen eine Einsicht bekommen hatte, konnte ich mich damit nicht zurechtfinden. Freilich Elementarorganismen in dem Sinne, wie ich es mir vorstellte, Elementarorganismen, die nicht bloß die Zellen, sondern auch den ganzen Organismus aufbauten und die selbst von diesem wieder gebildet wurden, waren sie sicherlich nicht. Aber waren sie wenigstens die Bausteine, aus denen das Protoplasma oder der Kern aufgebaut werden konnte? Dagegen sprach der Befund, daß man durch Einführung eines Elementes wie des Tellurs, des Selens, des Phosphors in den Stoffwechsel sie so verändern konnte. Man hatte ganz andere Granula in einem solchen Falle und doch war nicht einmal die Zelle, geschweige denn die Leber oder der ganze Organismus sehr verändert. Wären sie die Bausteine gewesen, so hätte man doch nicht mit ganz veränderten Bausteinen das gleiche Haus bauen können, wenn nicht hinter dem Bau etwa ein durch seine Pläne die Differenz wieder ausgleichender Baumeister stand. Dann aber war die ganze Fragestellung verwirrt. Behielt man die ursprüngliche Fragestellung bei, so mußte man annehmen, schon der Bau der Zelle, ihre Sonderung in Protoplasma, Kern, Plasmosoma geschieht unabhängig von den Granula. Was aber sind diese? In dem Abschnitt über physiologisch chemische Analyse habe ich mich bemüht zu zeigen, wie der Organismus durch seinen Stoffwechsel die Moleküle bildet, die in seinen Zellen gefunden werden. Es leuchtet ein, wie diese Moleküle sich ändern, wenn andere Elemente eingeführt werden. So vergrößert sich, wie Stolnikow gezeigt hat, die Menge des Lecithin bei der Phosphorvergiftung, so ist die Vertretung des Schwefels durch das Selen wohl der Sinn der Selenvergiftung usw. Nun hat der Abschnitt der physikalisch-chemischen Analyse uns belehrt, wie in dem kolloidalen Zustande, in dem sich die Substanzen der lebenden Organismen befinden, die Moleküle zu Gruppen zusammentreten, wie diese Molekülgruppen nicht mehr echt gelöst, sondern nur noch suspendiert sind. Wir haben dann weiter noch gesehen, wie diese Molekülgruppen sichtbar werden und wie sie eine bestimmte mor-

phologische Ordnung zeigen. Solche kolloidale Einheiten stellen nun offenbar die Granula dar. Aber wieder erhebt sich die weitere Frage, stellen sie, anstatt die Elementarorganismen zu sein, eine Art Füllung der Zelle dar? Sind sie nur von dieser gebildet oder stehen sie auch in einer Beziehung zum Gesamtorganismus? Diejenigen Granula nun, die man schon lange kannte und die ich in den Eingang dieses Abschnittes gestellt habe, die Zymogenkörner, können uns eine Antwort geben. Wenn man sich deren Bild gegenwärtigt und es mit einer Abbildung Stolnikows oder Altmanns von der Leber vergleicht, kann man nicht daran zweifeln, daß auch die Zymogenkörner Granula sind. Ich erinnere hier auch an die Befunde J. Arnolds (S. 169). Nun habe ich früher gezeigt, wie an der Bildung der Zymogenkörner Nerven und Blutgefäße teilnehmen. Nerven und Blutgefäße verbinden mit anderen Teilen des Organismus, diese Verbindung läßt sich nicht anders auslegen, als daß sie Stoffe aus anderen Teilen des Organismus herbeibringen. Die Granula sind also nicht bloß eine Bildung der Zelle, in der sie entstehen, sie sind eine Bildung des gesamten Organismus, ihre Entstehung ist eine Aufgabe der Zentralisation.

Damit kommen wir zu einer Seite der Sache, die wir erst in diesem Abschnitt berührt haben. Wir unterschieden da in den Epithelzellen neben den organischen noch eine anorganische Grundsubstanz. Die Erscheinung der Granula läßt uns nicht im Zweifel darüber, daß auch diese an ihnen beteiligt ist. Der Einfluß, den die Einführung bestimmter Stoffe, und zwar von Stoffen, die aus der anorganischen in die organische Bindung übergehen wie Phosphor oder Selen auf sie haben, läßt uns nicht in Zweifel, daß die Veranlassung zur Bildung der Granula in einem Einfluß auf die organischen Moleküle gegeben sein muß. Diese organischen Moleküle aber wirken wieder auf die Verteilung der Grundsubstanz. Daß auch das möglich ist, zeigt uns wieder die physikalisch-chemische Analyse. Der Vergleich mit den Zymogenkörnern endlich lehrt uns die Einordnung in die Zentralisation. Denn die Zymogenkörner entstehen unter dem Einfluß von Blut und Nerven, d. h. von Stoffen, die auf diesen Bahnen herbeigeschafft werden. Diese Bahnen aber dulden keine anorganischen Grundsubstanzen. Organische Moleküle oder wenigstens Elemente in organischer

Bindungsart müssen durch sie den Epithelzellen zufließen, und indem sie in ihnen die organischen Substanzen ändern, beeinflussen sie die Grundsubstanz, veranlassen die Sonderung in Granula oder Körner.

9. Gesellschaften im Organismus.

Die Unterordnung der einen Abteilung des Organismus unter eine andere erregt unsere Bewunderung. Und eng damit verknüpft, aber ihr noch überlegen ist die Zentralisation, die Abhängigkeit der Tätigkeit aller und jeder Zelle von einigen wenigen, vielleicht *einer*, aber nicht immer *derselben* Zelle. Schon wiederholt sind wir in der histologischen Analyse auf sie gestoßen, und wir haben gesehen, daß hierbei die Tätigkeit aller Zellen eines Organs ergänzt wird, durch Teile, die von den Zellen eines anderen Organs hinzukommen. Aber das genügt noch nicht, um uns die Unterordnung, geschweige denn die Zentralisation zu erklären. Warum ist denn die Tätigkeit der einen Zellenart von der der anderen abhängig? Eine Einsicht in die Physiologie führt bald zu der Erkenntnis, daß gewisse Zellenarten bei der Ausführung von Funktionen koordiniert, sagen wir vergesellschaftet sind, so finden wir eine solche Gesellschaft zwischen Muskeln, Nervenfasern, Ganglienzellen, wahrscheinlich sind auch Epithelzellen, die den Reiz aufnehmen, und das Blut, welches die Erholung des Muskels nach ausgeführter Bewegung besorgt, dabei beteiligt. Nun haben wir in den vorausgehenden Abschnitten gesehen, daß der Einfluß einer Abteilung von Zellen auf die andere sich geltend macht auf den Wegen, die die verschiedenen Abteilungen des Organismus miteinander verbinden. Blut und Nerven stellen uns solche Wege dar. Wir haben dann weiter gesehen, daß die ursprünglich gleichartigen Zellen zu Arbeitszellen differenziert werden, indem sie verschiedenartige Bestandteile ausstoßen. Diese Bestandteile sind nicht Protoplasma und Kern, denn die bleiben den Zellen erhalten, sondern es sind Bestandteile, die in diese eingelagert sind. Auf diesen Bestandteilen beruht also die Funktion, und da die gemeinschaftliche Funktion die Basis der Gesellschaft ist, die Gesellschaft der Zellen. Wie können aber diese Bestandteile eine Gesellschaft herbeiführen? Offenbar nur, indem sie sich in den Wegen, in die

sie hineingelangen, verbinden, oder verbinden, nachdem sie in dem Bestimmungsort angelangt sind, mit etwas, was an dem Bestimmungsort liegt.

Nun haben wir ferner bei der Analyse des mikroskopischen Bildes gesehen, daß, wenn wir die Funktionen physiologisch betrachten, mit einer solchen Gesellschaft die Zentralisation verbunden ist. Zentralisation bedeutet eine Ungleichwertigkeit der einzelnen Glieder. Eines derselben muß dieselbe Bedeutung für die Gesellschaft haben, wie die übrigen zusammengenommen. Nun habe ich bei der Durchzählung der mikroskopischen Elemente, die eine solche Gesellschaft, einen Ökus,¹⁾ wie ich es nannte, zusammensetzen, gefunden, daß dieselben in denselben Zahlenverhältnissen zueinander stehen, wie die Kohlenstoffatome der in den Stoffwechsel eingehenden Kohlenhydrate. Wenn eine solche Gesellschaft zentralisiert ist, so könnte das zentralisierende Glied ein Molekül des Kohlenhydrates abgeben, und dann würde jedes der übrigen Glieder eine Atomgruppe empfangen, die an ein Kohlenstoffatom angehängt wäre. Gerade dieses zu empfangende Kohlenstoffatom mit seinem Anfang könnte aber in der Zelle bereitliegende Gruppen zur Vervollständigung bringen und so zur Funktion fertigstellen. Umgekehrt könnten eine Anzahl Zellen je eine Kohlenstoffgruppe abgeben, und die könnten sich gerade wieder vereinigen zu einem Kohlenhydratmolekül, das in einer zentralisierenden Zelle entstände und dort eine Veränderung hervorriefe. Das wäre verschieden, je nachdem man eine zentrifugale oder zentrifugale Funktion hätte. Freilich das sind nur die ersten Gedanken, die diese Zahlenverhältnisse innerhalb der Gesellschaften erwecken. Über die Schicksale, die diese Atomgruppen auf den Wegen erfahren, wissen wir einstweilen noch gar nichts. Sie können sicherlich nicht als isolierte Atomgruppen wandern. Wir fassen einstweilen nur das Resultat an den beiden Enden ins Auge.

¹⁾ Gaule, J., *Der Ökus der Zellen*. Festschr. z. C. Ludwigs 70. Geb. Leipzig 1886.

10. Die Verschiedenheit der Zellen.

Sehen wir uns einmal zwei Zellen von typischer Verschiedenheit an, z. B. eine multipolare Ganglienzelle des Rückenmarks und eine Knorpelzelle. Wir haben die Zellen als die Einheit der Gewebe bezeichnet, und gewisse Ähnlichkeiten entdecken wir auch in ihnen sowohl in morphologischer wie in chemischer Beziehung. Beide haben Protoplasma, einen Kern, Kernfäden und Kernkörperchen in dem letzteren, Granula in dem ersteren. Beide liegen in einer Art Kapsel, die allerdings für die Knorpelzelle weit solider gebaut ist als für die Ganglienzelle. Beide enthalten Eiweißkörper und Nuklein. Aber welche Verschiedenheit existiert sowohl in dem Bild wie in der chemischen Zusammensetzung. Halten wir uns zunächst an die letztere. Da haben wir eigentümlich charakteristische Stoffe, für die Ganglienzelle das Protogon, für die Knorpelzelle die Chondroitinschwefelsäure. Beide Stoffe finden sich nicht bloß in der Zelle selbst, sondern auch in der Umgebung, in der Neuroglia bei der Ganglienzelle, in der hyalinen Grundsubstanz im Knorpel. Wir können aber nicht im Zweifel sein, daß die Zellen diese Substanzen bilden und daß sie aus ihnen hinauswandern, nicht aber umgekehrt. Von der Knorpelzelle wissen wir, wie die Grundsubstanz, also auch die Chondroitinschwefelsäure als Interzellularsubstanz von den Zellen gebildet wird, für das Protogon haben wir ähnliche morphologische Daten nicht; wir suchen aber vergeblich nach einem anderen Ort im Organismus, wo es gebildet werden könnte. Es muß also im Zentralnervensystem gebildet werden, es wären also die dort vorhandenen zelligen Elemente, welche es bilden. Die Gliazellen können dabei so gut sich beteiligen, wie die Ganglienzellen, da aber beide nicht prinzipiell verschiedener Natur sind, so liegt kein Grund vor, die letzteren auszuschneiden. Überdies weisen mikrochemische Reaktionen direkt auf die Ganglienzellen hin, wie Wlassak's¹⁾ und Mrs Tanner's²⁾ Präparate zeigen. Warum bilden nun Zellen, die in vielen Punkten der Organisation sich gleichen, so verschiedene Stoffe? Zuerst ist man geneigt, sich mit einer Worterklärung zu beruhigen. Man sagt, ja, den verschiede-

¹⁾ Wlassak, R., Die Herkunft des Myelin. Arch. f. Entwicklunsmch. 1898.

²⁾ Tanner, Mrs., Mir vorliegende, noch nicht veröffentlichte Untersuchungen.

nen Zellen liegt ein verschiedener Keim zugrunde. Bald aber sieht man ein, daß man schärfer eindringen muß. Denn wenn unter Keim, niedergelegte Moleküle, verstanden werden, die sich den aus der Nahrung stammenden, neu hinzukommenden anschließen und mit ihnen vereinigt hier das Protagon, dort die Chondroitinschwefelsäure bilden, so ist das unmöglich. Allenfalls könnte das noch angenommen werden für die in den Zellen vorhandenen Moleküle, für jene Mengen aber, die an die Umgebung übergehen, ist das unmöglich. Da muß der Keim die Bedeutung eines Apparates haben, welcher die Bildung dieser Stoffe bewirkt. Diesen Apparat aber möchten wir eben kennen lernen. Wenn wir den vorigen Abschnitt gelesen haben, so liegt es nahe, zu denken, daß es die Semipermeabilität der Membranen ist, welche diese Zellen befähigt, so verschiedene Stoffe aus dem Strom, der sie bespült, auszulesen. Heißt das aber nicht einfach das Problem verlegen? Statt nach der Herkunft der Stoffe müssen wir jetzt nach der Herkunft dieser semipermeablen Membranen fragen. Und dann wissen wir auch, daß das Dasein derselben doch noch nicht ganz ausreicht, um die fortwährende Füllung der Zellen zu erklären. Wir haben ja schon im ersten Abschnitt des zweiten Teiles gesehen, daß durch sie nur entsprechend dem Konzentrationsgehalte die Zellen sich füllen können. Eine fortwährende Veränderung der Zellen ist die Bedingung für eine kontinuierliche Produktion eines Stoffes. Schon im ersten Abschnitt der speziellen Analyse haben wir die während des Jahres sich geltend machende Veränderung der Zellen unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte betont, als die Ursache der Ladung, welche die Zelle immer aufs neue erfährt. Ist nun diese unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte sich vollziehende Veränderung die Ursache der Verschiedenheit der Zellen? Die eine Veränderung, welche sich zeitlich an derselben Zelle vollzieht, hat sie etwas zu tun mit der anderen Veränderung, welche wir an örtlich verschiedenen Zellen finden? Auf den ersten Blick könnte man an so etwas denken, indem man sich erinnert an die Kristallformen, die verschieden sind nach der chemischen Verschiedenheit der kristallisierenden Stoffe. Dann aber sieht man gleich eine Reihe von Gründen, weshalb man diese Hypothese verwerfen muß. Erstens haben wir schon gesehen, daß die Formen in den lebenden Wesen nicht tot wie in den Kristallen, sondern veränderlich

lebendig von dem osmotischen Druck abhängen; zweitens wirken ja die kosmischen Kräfte nicht bloß auf eine Art von Zellen, sondern auf alle; drittens müssen ja semipermeable Membranen da sein, bevor sich die Zelle mit einem bestimmten Stoff füllen kann. Nicht in dem zeitlichen Verhältnis, sondern in dem örtlichen muß der Grund der Verschiedenheit liegen. Die zeitliche Veränderung betrifft den Inhalt der Zellen, die örtliche muß ihre semipermeablen Membranen, ihre Abgrenzung gegen die umgebenden Kräfte, ihre Hüllen betreffen. Was bedingt nun das örtliche Verhältnis zunächst? Die Nachbarschaft, d. h. die Beziehung zu anderen Zellen und Geweben, die durch eine Verbindung oder Begrenzung gegeben ist. Von gleichartigen Zellen können wir zunächst absehen, denn da würde uns die Betrachtung ja nicht weiter bringen, nur ungleichartige Gebilde können an die Zellen etwas abgeben, was sie verändert. Sehen wir uns in der Beziehung einmal die Ganglienzelle und die Knorpelzelle an. Die letztere liegt in einer nach allen Richtungen gleichartigen Umgebung, sogar gefäßlos ist der Knorpel. Sie ist auch ohne Fortsätze in einer Kapsel einer homogenen Substanz eingeschlossen. Anders die Ganglienzelle, sie empfängt vom Blute wie von den Nerven Stoffe, sie steht zu den Bahnen beider in inniger Beziehung. Was das Blut betrifft, so belehrt uns die Atmung, abgesehen von den anderen Tatsachen der Ernährung, von dem Übergehen von Stoffen aus dem Blut an die Ganglienzelle. Daß dieselbe zu den Bahnen der Nerven in Beziehung steht, brauche ich nicht hervorzuheben, aber ob sie von denselben auch Stoffe empfängt, wird man angesichts der neuerdings hervorgehobenen Unermüdbarkeit der Nerven nicht ohne weiteres zugeben. Ich habe in einem früheren Aufsatz¹⁾ zusammengestellt, was für das Übergehen von Stoffen spricht. Aber selbst wenn man darauf nicht eingehen will, wird man doch nicht leugnen können, daß in den Nerven etwas der Ganglienzelle zugeleitet wird, was die Stoffe, die sie aufbauen, beeinflußt. Ihre Gestalt, die Fortsätze, die sie den Nerven entgegenstreckt, die sie in die Nerven hinsendet, sprechen eine zu berechte Sprache. Also der Zellenleib, die Zellenfortsätze, die Gestalt der Zelle werde beeinflußt von

¹⁾ Gaule, J., Was ist unser Nervensystem u. was geht darin vor? Zeitschr. f. Psych. u. Phys. der Sinnesorg. II.

ihren Beziehungen zu anderen Zellen und Geweben. Was bedingt diese nun? Das ist zunächst der Ort, an dem sie sich befindet. Frägt man nach der Ursache, weshalb sie sich da befindet, so muß man auf die Antwort in dem nächsten Abschnitt in der embryologischen Analyse warten. Aber der Ort ist es nicht allein. Wir haben gesprochen von den Stoffen, die durch das Blut, von den Stoffen oder Kräften, die durch die Nerven der Ganglienzelle zugeleitet werden. *Dafs sie es können*, davon liegt der Grund in dem Orte, an dem die Ganglienzelle sich befindet, *dafs sie es werden*, hat eine andere Ursache. Wir erblicken das in einem deutlichen Lichte, wenn wir uns fragen, wann denn eigentlich der Nerv Kräfte oder Stoffe der Ganglienzelle zuleite. Ja das geschieht dann, wenn die Umgebung an die Pforte des Organismus klopft, wenn ihre Kräfte Veränderungen an der sie begrenzenden Oberfläche des Organismus hervorrufen. Dann werden die Wirkungen dieser Veränderungen zur Ganglienzelle weitergeleitet. Es sind also drei Einflüsse, unter denen die Zelle steht, und diese drei Einflüsse bedingen ihre Gestalt wie ihren Inhalt. Das sind die kosmischen Kräfte, der Ort, die Kräfte der Umgebung. Die ersteren beeinflussen wesentlich den Inhalt, die letzteren die Hüllen der Zelle. Und in dem Wechsel gegenüber diesen, der bedingt ist durch den veränderten Zusammenhang, ist die Ursache für die Veränderung der Hülle und damit die Ursache für die in der Zelle aufgespeicherten und gebildeten Stoffe gegeben.

II. Der Gesamtorganismus.

Der Gesamtorganismus setzt sich zusammen aus Zellen. Er enthält Gesellschaften, in die die Zellen zusammentreten, und die Zahlenverhältnisse dieser Gesellschaften erinnern an die, die in den Molekülen sich finden, welche den Organismus aufbauen, und deren Zersetzung dem Leben zugrunde liegt. Treten die Zellen in solche Gesellschaften zusammen um einer chemischen Wirkung willen? Und welche Kraft macht sie zusammentreten? Was erfahren wir überhaupt über das Leben und die Wirkungen im Organismus? Wir haben da gehört von den chemischen Körpern, die sich bilden und zerstört werden während des Lebens, von den Verwandtschaft-

ten, die sich geltend machen, um aufzubauen und zu zerstören; wir haben gehört von dem gewaltigen Strom, der den Organismus fortwährend durchheilt. Wir haben gesehen, wie dieser Strom in jede Zelle, jede morphologische Einheit hineingeht, wie er Formen ändert, wie er Moleküle spaltet, wie er physikalische Kräfte wachruft. Wir haben zuletzt gesehen, wie sich der Organismus gliedert in Zellen und in Bahnen, wie in jedem einzelnen wieder mannigfache Teile sich finden und wie sie untereinander zusammenhängen. Wie aber entstehen alle diese Formen? Was steckt in den einen, daß sie die Entwicklung der anderen bedingen, wie ordnen sie sich zusammen, um den Gesamtorganismus aufzubauen, wie vereinen sie ihre Kräfte zu dem Gesamtleben, und wie hat jede einzelne an diesem Gesamtleben ihren eigentümlichen Anteil? Es ist die Lage der Zelle, haben wir zuletzt gehört, die ihre eigentümliche Natur bedingt. Die Gesamtheit dieser Lagen, die Form, die entsteht, wenn man alle Lagen vereinte, würde also die Gesamtnatur des Organismus bedingen. Ist das nicht eine vollkommen fremdartige Forderung? Um sie zu verstehen, müssen wir uns erinnern, daß wir in dem betreffenden Kapitel die Lage als Ursache von der Benachbarung und den Zusammenhängen annehmen. Sie war uns der kürzeste Ausdruck für diese. Die Zusammenhänge durch die Bahnen aber bedingen nach diesem Abschnitt das gemeinschaftliche Leben der verschiedenen Teile des Organismus, die Zentralisation. In zwei Fällen haben wir ihre Wirkung genauer betrachtet, in der Änderung der mikroskopischen Bilder während der Tätigkeit der Pankreaszelle und in der Wirkung der Nerven auf den Muskel. In beiden Fällen wurden dem tätigen Element Stoffe zugeführt aus entfernten Gebieten des Organismus, in beiden Fällen wurden Verbindungen hergestellt zwischen Teilen, die in ganz verschiedenen Zellen versteckt lagen. Es war ein Akt der Tätigkeit, ein Aufblitzen des Lebens, eines Wesens, dessen verschiedene Abschnitte in verschiedenen Zellen sich fanden. Die Zellen sind also nicht eine Einheit, sie enthalten ja auch sehr verschiedene Teile.

Indem der Organismus diese Wesen trennt, indem er ihr Abschnitte auf verschiedene Zellen verteilt, ordnet er ihr Leben dem Zusammenhang unter, den er zwischen diesen Abschnitten herstellt. Das Leben des Organismus aber setzt sich aus diesen einzelnen Tätigkeitsakten, diesem Aufblitzen der Spezialleben zusam-

men. Jene beiden Verwirklichungen, die wir betrachteten, die Entfaltung chemischer Kräfte durch die Bildung der Fermente und mechanischer Kräfte durch die Formveränderung des Muskels sind die beiden Möglichkeiten, durch die der Organismus sein Gesamtleben behauptet. Indem er von ihnen Gebrauch macht und dadurch sein Gesamtleben weiter fristet, muß er auch das Spezialleben dieser Teile weiter entwickeln. Die Formbildung und Formveränderung der Zellen aber muß sich herleiten von dieser Weiterentwicklung, ebenso wie die der Bahnen von der Herstellung der Zusammenhänge. Was aber veranlaßt denn alle diese Einzelwesen zusammenzutreten, was bewirkt ihre Zertrennung in verschiedene Abschnitte, die Verteilung dieser Abschnitte auf verschiedene Zellen und Organe? Das ist etwas, wovon wir in dem Kapitel über Nerven und Muskeln zuerst gehört haben. Der Organismus muß doch eine Einheit bilden gegenüber all den Einzelwesen, aus denen er besteht, er muß all die Bahnen zentrieren, die ihre einzelnen Teile zum Zusammenhang bringen. Er muß diese einzelnen Bahnen wieder einander unterordnen, und er muß dafür sorgen, daß diese Bahnen nicht beliebig ins Unbestimmte hinauswachsen, sondern in den Organismus zurückkehren. Das geschieht durch jene eigentümliche Umordnung, von der wir in jenem Kapitel zu sprechen begannen, die bewirkt, daß das Wachsen, das Suchen des Zusammenhangs von den einen Elementen in gerade entgegengesetzter Richtung stattfindet als von den anderen.

Und wie wir dort sahen, sind hierdurch die Abkömmlinge verschiedener Keimblätter unterschieden. Schon in den frühesten Stadien embryonaler Bildung findet eine Ordnung statt, die teils verbleibt, teils wieder zerstört wird.

IV. Abschnitt.

Embryologische Analyse.

I, Spermatozoon und Ei.

In dem letzten Kapitel des vorigen Abschnittes wurde gesagt, daß die Aufgabe der Bildung der neuen Keime zwischen den beiden Geschlechtern halbiert sei. Ist das nicht ein grober Widerspruch gegenüber der Wirklichkeit, denn Spermatozoon und Ei verhalten sich doch nicht zueinander wie zwei Hälften? Wenn man anderseits die Gleichheit oder Ähnlichkeit des männlichen und weiblichen Individuums sieht, und wenn man mit der Rolle, welche die Bildung der Geschlechtsprodukte in dem Stoffwechsel spielt, sich vertraut gemacht hat, so verlangt man nach einer gewissen Gleichwertigkeit der beiden Arten von Geschlechtsprodukten. Freilich, Differenzen genug existieren zwischen den beiden Geschlechtern, und es ist die Aufgabe der fortschreitenden Wissenschaft, sie auf die Bildung der Geschlechtsprodukte zurückzuführen. Verschieden sind ja die Geschlechtsprodukte jedenfalls, aber so ungleichwertig wie die Geschlechtsprodukte erscheinen doch die geschlechtlichen Individuen nicht. Wenn daher der Ring des Getriebes, das dem Leben zugrunde liegt, in jedem Geschlecht zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt, dann muß deren Beziehung zum Leben und deren Verschiedenheit genauer untersucht werden. Diese Verschiedenheit läuft zunächst einmal auf den Gegensatz zwischen Nuklein und Eiweiß hinaus. Wollen wir aber das Ei mit dem Spermatozoon vergleichen, so müssen wir es des Dotters berauben, der uns nur als eine Einlagerung erscheint. Wo der

Dotter nur zur Nahrung dient, wie bei den meroblastischen Eiern, ist er selbstverständlich dem Keime fremd, der nur als sein Magazin dient. Aber auch soweit der Dotter nur zur Blutbildung verwendet wird, erscheint er als eine Art von Einlagerung. His¹⁾ hat den weißen Dotter als Parablasten in Gegensatz gebracht zu dem eigentlichen Keim, dem Archiblasten; Rabl²⁾ ist auf Grund der Befunde beim Amphioxus und anderen Tieren dagegen aufgetreten. Aber wenn man auch nicht Partei nimmt, so kann man doch nicht in Zweifel sein, daß all das Hämatogen, z. B. aus dem das spätere Blut entsteht, nur als eine Einlagerung in das Ei anzusehen ist. Nun enthalten die Spermatozoen auch Eiweiß. Ihre Hauptmasse besteht nach den Analysen von Schmiedeberg und Miescher³⁾ aus nukleinsäurem Protamin. Die Protamine aber, hat uns Kossel⁴⁾ belehrt, sind die einfachsten Eiweißkörper. Andererseits haben die Eier auch Kerne, enthalten demnach auch Nukleine. Aber der Kern der Eier ist etwas abweichend von dem der übrigen Zellen. Er verflüssigt sich zu dem Keimbläschen, in dem nur das Kernkörperchen als färbbarer Keimfleck schwimmt. Das mag zusammenhängen mit der Ausstoßung des größten Teils der Kernsubstanz, welche in den Polbläschen vor der Befruchtung stattfindet. Jedenfalls sieht man in den Eiern spielt das Eiweiß die Hauptrolle, das Nuklein die Nebenrolle; in den Spermatozoen ist umgekehrt das Nuklein die Hauptsache, die Protamine stehen der Menge nach an zweiter Stelle. Beide Geschlechtsprodukte enthalten daneben noch Cholesterin und Lecithin, also Lipoide, und Fett. Die Eier enthalten nach den Analysen von Kolb⁵⁾ beim Frosche noch Glykogen, welches aber vor der Befruchtung sich vermindert, und ebenso mag, nach gewissen Reaktionen zu urteilen, auch bei der Bildung der Spermatozoen noch ein Kohlenhydrat vorhanden sein. Das Nuklein

¹⁾ W. His, Die Lehre vom Binde-substanzkeim (Parablast). Arch. f. A. u. Phys. Anat. Ab. 1882.

²⁾ C. Rabl, Über die Bildung des Herzens bei Amphibien. Morph. Jahrb. 1886.

³⁾ Schmiedeberg und Miescher, Phys. chem. Unters. über die Lachsmilch. Leipzig 1896.

⁴⁾ Kossel, A., Über die einfachsten Eiweißkörper. Sitzungsber. der Ges. f. Bef. d. Naturw. Marburg 1897.

⁵⁾ H. Kolb, Chemische Untersuchung d. Eier v. Ra. temp. und ihrer Entwicklung. Inaug.-Diss. Zürich 1901.

welches die Spermatozoen enthalten, ist ein echtes Nuklein, aus dem sich die verschiedensten Purinkörper darstellen lassen. Wir erinnern uns aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß es zwei Arten von Nukleinen gibt, neben dem echten das Paranuklein. Das Verhalten des Eikerns ist chemisch noch nicht genau untersucht. Mikrochemisch verhält er sich etwas abweichend von den Spermatozoenköpfen.

Wir erinnern uns weiter, daß das Paranuklein wesentlich in dem Kasein vorkommt, einem Körper, den das weibliche Geschlecht bildet, und vermuten, daß vielleicht auch der Eikern Paranuklein enthalte. Andererseits ist die Differenz zwischen dem Eiweiß, welches die Spermatozoen, und dem, das die Eier enthalten, nicht minder deutlich. Das erstere ist die einfache schwefelfreie Protamingruppe, das letztere enthält das schwefelreiche Cystin, abgesehen von Tyrosingruppen und anderen. Vielleicht existiert hier eine ähnliche Differenz wie zwischen Nuklein und Paranuklein. Wie kommt es nun, daß das männliche und weibliche Individuum Stoffe von so entgegengesetztem Charakter bilden. In dem Zyklus, den die Stoffe in dem Individuum durchlaufen, kommen sie alle vor. In der physiologisch-chemischen Analyse haben wir gesehen, wie in der Guanylphosphorsäure neben den Purinbasen auch Glycerin und Pentosen sich finden und haben die Vermutung aufgestellt, daß die Kerne des Pankreas neben den echten Nukleinen auch die Paranukleine enthalten. Wir haben dann weiter gesehen, wie in dem Glutokyrin,¹⁾ das aus dem Collagen, der Interzellulärsubstanz des fibrillären Bindegewebes dargestellt wird, sich fast alle die Bestandteile der Protamine wiederfinden. Und das Collagen ist auch schwefelfrei. Daneben haben wir in dem Protoplasma der Epidermiszellen, im Keratin die cystin- und tyrosinhaltigen Eiweißkörper.

Aus diesem Stoffwechsel löst nun das eine Individuum die einen Atomgruppen, das andere die entgegengesetzten heraus. Auch diese beiden sind miteinander verwandt. Auch in der physiologisch-chemischen Analyse haben wir gesehen, wie die Purinkörper als Pyrimidine aus der Polymerisation der Cyanalkyle und dann aus der Vereinigung dieser Pyrimidine mit den Glyoxalinen entstehen können.

¹⁾ Siegfried M., Zur Kenntnis der Hydrolyse d. Eiweißes. Abdr. a. d. Ber. der math. phys. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1903.

Andererseits spalten sich aus den Eiweißkörpern bei der Bildung der Fette die Cyanalkyle ab, wenn wir diese Bildung als auf einer Hydrierung des in den Eiweißkörpern vorhandenen Ringes beruhend ansehen. In dem gesamten Zyklus aber nimmt nach unseren Betrachtungen in der ersten Abteilung die Fettbildung die oberste Stelle ein. Dann erscheinen Nukleinbildung und Eiweißbildung als zu verschiedenen Zeiten eintretende Phasen desselben Prozesses, des Grundprozesses des Lebens. Aber zu verschiedenen Zeiten werden doch die Geschlechtsprodukte nicht gebildet, männliche und weibliche Produkte werden doch gleichzeitig reif und müssen es werden, namentlich wenn wir uns an den Frosch halten, der unserer Betrachtung so oft zugrunde liegt. Da erinnern wir uns an etwas, was wir in der physiologisch-chemischen und in der histologischen Analyse gesehen haben: die eigentliche Umsetzung findet in den Zellen und unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte statt.

So auch die Bildung der Geschlechtsprodukte. Sie werden in den Geschlechtszellen und durch die kosmischen Kräfte gebildet. Jede kosmische Kraft aber hat zwei Phasen, eine ansteigende und eine absteigende. Wenn nun die Geschlechtsprodukte gleichzeitig reif werden, so muß dieselbe Phase in dem einen Individuum die einen, in dem anderen die anderen Produkte liefern. Beide Produkte sind Stadien, die in demselben Prozeß, in dem Grundprozeß des Lebens vorkommen, und sie werden durch dieselbe Phase der kosmischen Kraft gebildet, darum sind sie so verschieden. Ja weil die Geschlechtszellen verschieden sind. Die gleiche Phase wirkt in der einen Zelle auf das Protoplasma, in der anderen auf den Kern der Zelle. Warum aber sind die Geschlechtszellen verschieden? Die Anlage des Geschlechtes eines werdenden Individuums bildet sich sehr früh. Jeder neue Beobachter setzt sie früher als der vorausgegangene. Alle diese Anlagen ruhen, wie wir in dieser Analyse sehen werden, auf den Teilungen. Und wir sehen dann auch weiter, daß diese Teilungen in einer bestimmten Reihenfolge stattfinden, einer Reihenfolge, die bestimmt ist durch die Koordinatenebenen. Es gibt hier nur zwei Möglichkeiten, auf die Teilung in der X-Ebene folgt die in der Y-, dann die in der Z-Ebene, oder aber auf die X-Ebene folgt die Z- und dann die Y-Ebene. Diese beiden verschiedenen Reihenfolgen sind bestimmend für die Anlage der Geschlechter. Nach dem, was wir im letzten Kapitel

des vorigen Abschnittes namentlich gesehen haben, müssen wir annehmen, daß bei dem einen Individuum das Getriebe in dem Übergang von den Zellen der X- zur Y- zur Z-Ebene, in den anderen von der X- zur Z- zur Y-Ebene erfolgt. Kein Wunder, daß es bei den einen in der gleichen Phase der kosmischen Kraft angelangt sein wird, bei dem Kern, bei den anderen im Protoplasma. Wie aber eine solche Reihenfolge, ein solches Ineinandergreifen bestimmend war für die Bildung der Geschlechtsprodukte, so muß es auch bestimmend werden für den Aufbau des jungen Organismus.

2. Befruchtung.

Nicht jegliche Befruchtung beruht auf der Vereinigung von Spermatozoen und Ei. Es gibt auch eine Parthenogenesis. Schon lange kannte man sie auf natürlichem Wege, in neuester Zeit hat J. Loeb¹⁾ gezeigt, wie man sie auf künstlichem Wege herbeiführen kann. In ihrer einfachsten Form scheint sie ein osmotischer Vorgang. Eier des Seeigels, die sich sonst parthenogenetisch nicht entwickeln, zeigten die Erscheinungen, die nach der Befruchtung eintreten bis zur Bildung von umherschwimmenden Larven, wenn sie in ein Seewasser gelegt wurden, dem durch Zusatz eines Salzes hypertonische Eigenschaften verliehen wurden. Die weitere Untersuchung hat ergeben, daß die Parthenogenesis vervollständigt wird, wenn man zwei Akte des Vorgangs experimentell herbeiführt. Wenn J. Loeb²⁾ die Eier des Seeigels in hypertonisches Seewasser (100 cc Seewasser + 15 Ccm . 2¹/₂ N . NaCl) für 2 Stunden legte, so wurde ein gewisser Prozentsatz zur Bildung von Larven veranlaßt. Dieser Prozentsatz aber erhöhte sich auf 100, wenn die Eier aus dem hypertonischen Seewasser in normales Seewasser zurückgebracht wurden, dem man 4 Ccm N/10 Essigsäure zugesetzt hatte. Ein Verweilen von 15 Sekunden bis 3 Minuten in dieser Mischung, dem ein Zurückverbringen in normales Seewasser folgte, leitete die Bil-

¹⁾ J. Loeb, Experiments on Artificial Parthenogenesis in Annelids (*Chaetopterus*) and the Nature of the Process of Fertilization, *Am. Journ. of Phys.* IV, 1901.

²⁾ J. Loeb, On an Improved Method of Artificial Parthenogenesis (2d Comm.) *Univ of Cal. Publ.* 2, 1905.

dung einer Membran und die weitere Entwicklung ein. Für die Parthenogenesis also genügen diese zwei Akte, die Osmose und die vorausgehende Wirkung der Säure. Es ist die Wechselwirkung der Bestandteile des Eikerns und des Eiprotoplasmas, welche nach unseren seitherigen Betrachtungen diese Wirkungen hervorruft. Im ruhenden Ei getrennt, werden dieselben durch die Osmose miteinander in Berührung gebracht und zur Wechselwirkung veranlaßt. Freilich nach den seitherigen Betrachtungen wäre man veranlaßt zu glauben, das sei identisch mit der Wechselwirkung von Nuklein und Eiweiß, indessen beginnt für uns neben der chemischen auch die morphologische Betrachtung. Diese aber kann der anorganischen Bestandteile nicht entbehren, und von ihnen haben wir seither noch nicht genügend gesprochen. Welche Wirkung haben sie? Bevor wir uns dazu wenden, wollen wir zunächst einmal die eigentliche Befruchtung mit der Parthenogenesis vergleichen. Daß der Eikern bei der letzteren das Spermatozoon ersetzen kann, zeigt, daß er nicht ganz des eigentlichen Nukleins beraubt ist. Vielleicht stößt das parthenogenetische Ei auch keine Polbläschen aus.

Jedenfalls deutet aber auch das Verhalten des Eikerns nach der Befruchtung auf eine gewisse Gleichartigkeit mit dem Spermatozoenkopf hin. Neben der Einleitung der Osmose, die vielleicht ersetzt wird durch das Eindringen einer gewissen Flüssigkeitsmenge in das Ei oder ein Herausdringen aus dem Ei, bei der Anbohrung durch den Spermatozoenkopf bringt das Spermatozoon noch eine gewisse Menge Nuklein in dasselbe hinein. Beide Nukleinmassen, die des Eis und des eingedrungenen Spermatozoenkopfes schmelzen alsbald zu Flecken von unbestimmter Form zusammen, die sich einander nähern und miteinander verschmelzen. Es entstehen vier Fäden, Fol¹⁾ hat das die Kernquadricelle genannt, wovon zwei auf den Eikern, zwei auf das Spermatozoon zurückgeführt werden.

Diese vier Fäden bilden dann den ersten Kern, indem sie sich um ein Zentrum in Schleifen ordnen und die erste Teilung beginnt. Männliche und weibliche Kernfäden spalten sich dann der Länge

¹⁾ Fol, H., *Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogenie.* Mem. d. l. Soc. d. Phys. et d'Hist. nat. Genève 1879.

nach und die beiden Hälften weichen auseinander. Wie männliches und weibliches Nuklein sich hierbei ergänzen, zeigt sich bei den Experimenten, die Boveri¹⁾ gemacht hat, indem er die Eier eines Seeigels durch Schütteln ihres Kerns beraubte und dann befruchtete. Das männliche Nuklein kann das weibliche ersetzen, wie das weibliche das männliche bei der Parthenogenese. Und wie die neuesten Experimente von J. Loeb²⁾ zeigen, kann ein fremdes männliches Nuklein, nicht das derselben Spezies, sondern das einer anderen zu dem weiblichen Nuklein hintreten, wenn nur die anderen Bedingungen der Befruchtung, die osmotischen, erfüllt sind.

Eine ungeahnte Perspektive von der Möglichkeit von Kreuzungen, von der Ausbildung von Variationen eröffnet sich uns mit dieser Trennung der Befruchtung in zwei verschiedene Vorgänge, der Auslösung des Gegensatzes zwischen Nuklein und Eiweiß einerseits, der Vereinigung des väterlichen und des mütterlichen Nuklein andererseits. Auf die Dauer aber kann diese Übertragung des väterlichen Nukleins nicht entbehrt werden. Wenn auch für einmal in dem parthenogenetischen Ei es bloß der Auslösung des Gegensatzes bedarf, wenn das sich auch ein paar Generationen hindurch wiederholen kann, dann muß doch eine Befruchtung wieder eintreten, eine geschlechtliche Generation muß die ungeschlechtliche unterbrechen. So sehen wir es sich überall wiederholen und schließen daraus, es bedarf nicht bloß der Vermehrung des Nukleins, es bedarf auch des anderen, des unter anderen Bedingungen ausgebildeten.

Bedarf es bloß des Nukleins, überträgt das Spermatozoon vom Vater nichts weiter als dieses? Das Nuklein des Spermatozoons hat nicht bloß eine chemische Bedeutung, der ganze Bau des Spermatozoons, die Art, wie die Nukleinmoleküle zusammengefügt sind, teils untereinander, teils mit anderen muß auch seine Wirkung haben. Wenn die Annahmen, zu denen wir in den seitherigen Kapiteln gelangt sind, richtig waren, wenn nämlich die Geschlechtsprodukte den Höhe- und Wendepunkt des gesamten Stoffwechsels dar-

¹⁾ Boveri, Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier usw. Arch. f. Entwickl. m. II, 1895.

²⁾ J. Loeb, The Fertilization of the Egg of the Sea-Urchin by the Sperm of the Star-Fish. Univ. of Cal. Publ. 1, 1903.

stellen, wenn dieser Stoffwechsel auf den Einwirkungen verschiedener Lebewesen, die in dem Gesamtwesen enthalten sind, aufeinander beruht, dann muß das Spermatozoon in seinem Aufbau diesen ganzen inneren Kampf widerspiegeln. Das Zusammentreffen seiner Substanzen mit denen des Eis muß diesen Kampf erneuern. Bei einem so komplizierten Prozeß müssen wir die Zwischenglieder sehen, und diese Zwischenglieder müssen ein Licht auf die physikalisch-chemischen Vorgänge werfen. Es handelt sich ja bei dieser embryologischen Entwicklung um die Bildung von Formen. Für deren Entstehen ist gewiß das chemische Geschehen von Wert, aber sollte es nicht auch umgekehrt sein? Wirft die Wichtigkeit der Osmose für die Parthenogenesis nicht darauf ein Licht?

Nun haben wir es mit kolloid gelösten Substanzen zu tun. Auf deren Lösung oder Suspension haben nach der physikalisch-chemischen Analyse die anorganischen Elemente den entscheidenden Einfluß. Wir können sie suspendieren oder ausfüllen durch deren An- oder Abwesenheit. Mehrwertige und einwertige Elemente kommen in Betracht. Silicium sowie Kalk und Magnesia unter den mehrwertigen, Kali und Natron bei den einwertigen spielen nach unseren seitherigen Betrachtungen die Hauptrolle. Das Eisen können wir einstweilen aus dem Spiele lassen. Es sind also von den mehrwertigen allein Silicium und Kalk, sowie die dem Kalk stets folgende Magnesia, auf die es bei der Befruchtung ankommen kann. Kalk findet sich nach den Analysen Mieschers¹⁾ in den Spermatozoenköpfen. An den Vogeleiern findet er sich als Schale, und die Löslichkeit der Hüllsubstanz der Froscheier in Kalk und Barytwasser, die Giakosa²⁾ und Kolb³⁾ gefunden haben, scheint auch auf seine Anwesenheit hier hinzudeuten. Aber in dem eigentlichen Ei spielt wohl eine andere Substanz eine Rolle, die wie Kolb⁴⁾ für Froscheier fand, denselben eine außerordentliche Schwerlöslichkeit verleiht. Das kann nicht Kalk sein, denn gerade in Alkalien sind

¹⁾ Miescher in Schmiedeberg und Miescher, *Physiol. chem. Untersuch. der Lachsmilch*. Leipzig 1896.

²⁾ Giakosa, *Etudes s. l. compos. chim. de l'oeuf et de ses enveloppes chez la gren comm.* Zeitsch. f. phys. Ch. 7.

³⁾ Kolb, H., *Chem. Unters. d. Eier v. Ratemp.* Inaug.-Diss. Zürich 1900.

⁴⁾ Kolb, H., l. c.

die Eier leicht löslich; man wird zur Vermutung geführt, daß es Kieselsäure sei. Dann hätte man für die Kernsubstanzen Kalk, für die Protoplasmasubstanzen Kieselsäure, welche die kolloidale Suspension bedingt.

Aber diese anorganischen Elemente, in welcher Form sind sie selbst vorhanden? Wenn sie eine kolloidale Masse suspendieren helfen, sind sie selbst nicht kolloidal? Die Kieselsäure in ihrer kolloidalen Modifikation ist bekannt, sie gewinnt in ihr durch Verdünnung die außerordentlich feine Verteilung, welche allein ihre Anwesenheit in den organischen Geweben, in denen die Analyse sie mit Mühe nachweist, erklärlich macht. Das Eisenoxydhydrat, das freilich erst für das Blut, für das mittlere Keimblatt näher in Betracht kommt, hat die kolloidale Modifikation, sollte nicht auch der Kalk sie haben? Nun kennt man an einer Kalkverbindung ein gallertiges Auftreten, welches nicht wohl anders als kolloidales interpretiert werden kann. Das ist das Tricalciumphosphat, dasselbe, das in den Knochen, in den Pflanzen vorkommt. Sollte diese kolloidale Modifikation des Tricalciumphosphates auch den Kernen zugrunde liegen? Sollte sie sich auch in den Spermatozoenköpfen finden, die von den Kernen herkommen?

In dem Ei schmilzt der Spermatozoenkopf plötzlich zusammen. Was vorher in den alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten, in denen das Spermatozoon schwamm, ganz unlöslich war, wird gegenüber den Substanzen des Eis plötzlich löslich. Es ist nicht das Nuklein, welches gelöst wird, denn die Färbung zeigt, wie es sich erhält; die Grundsubstanz ist es also doch wohl der Kalk. Wenn von ihm die Form abhing, so geht er jetzt in eine neue Form über, denn nun entstehen die Fäden des Muttersterns. Was mag das für eine neue Form sein? Wir beginnen den Zusammenhang zu ahnen, wenn wir uns erinnern, daß das Nuklein das organische Substrat der Kernfäden mit diesen unorganischen einen Bestandteil gemeinschaftlich hat. Das Nuklein, wenigstens die färbbare Masse vermehrt sich, bei der Entstehung des Sterns, die Grundsubstanz geht in eine andere Modifikation über. Sollte das damit zusammenhängen, daß das Tricalciumphosphat die Grundsubstanz der Kerne Phosphorsäure an das Nuklein ihre organische Substanz abgibt? Wäre dies das erste Beispiel von dem Zusam-

menhang des physiologisch-chemischen und physikalisch-chemischen Geschehens und von der Wirkung des Chemismus auf die Formbildung?

3. Teilungen.

In der embryologischen Entwicklung, beim Wachstum geht die Zellvermehrung durch Zellteilung vor sich. Von dem Momente der Befruchtung oder der Auslösung der Parthenogenesis an bis zur Vollendung des Wachstums kommt dieser Vorgang nicht zur Ruhe. So viel haben wir im vorigen Abschnitt gesehen, es handelt sich bei der Zelle um eine kolloidale Masse von bestimmter Gestalt, sagen wir einen kolloidalen Tropfen einstweilen, und durch Vorgänge in dem organischen Inhalt dieser Tropfen werden Veränderungen an der anorganischen Grundlage hervorgebracht. Was wir zunächst sahen, betraf den Kern. Das Tricalciumphosphat, welches seinem Kolloid zugrunde lag, gab Phosphorsäure an das Nuklein ab und ging dabei in den Zustand der festen Ausscheidung über. Das lag der Entstehung des Muttersterns zugrunde.

In ihm beruht die formgebende Grundlage nicht mehr auf dem Tricalciumphosphat. Auf was denn? Erinnern wir uns aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß die Guanylphosphorsäure, also die Substanz der Kerne des Pankreas, auch Pentosen enthält. Es gibt zwei Arten von Kohlenhydraten, die sich durchaus gleichen bis auf die Drehung der Polarisations ebene. In der physikalisch-chemischen Analyse haben wir von Pasteur gelernt, welche Rolle die Polarisation bei den lebenden Wesen spielt. Nun sehen wir bei der Karyokinese die Fäden des Muttersterns der Länge nach in zwei gleiche Fäden sich spalten. Nach rechts und links treten sie auseinander. So wird eine racemische Verbindung in eine rechts- und eine linksdrehende Komponente gespalten, die sich im übrigen völlig gleich sind. Sollte nicht eine Beziehung existieren zwischen dem Gehalt eines Kernes an Kohlenhydraten und seiner Teilung. Gehen diese Kohlenhydrate, wenn das Tricalciumphosphat seine Dienste versagt, in den kol-

loidalen Zustand der Grundlage über? Eine kolloide Existenz haben sie ja auch.

Die fadenförmige Anordnung in dem Tochterstern aber hat keinen Bestand. Es stellt sich der Ruhezustand des Kerns wieder her, jetzt in verdoppelter Existenz in zwei Tochterkerne. Das bedeutet eine Rückkehr zu der Grundlage von Tricalciumphosphat. Um das zu bewirken, muß der Abgabe von Phosphorsäure, die vorhin erfolgte, jetzt die Abgabe von Kalk folgen, damit das Gleichgewicht sich wieder herstelle. Wohin geht der Kalk? Ja zwischen den beiden Sternen hat sich in der Mitte etwas ausgeschieden, die Scheidewand, die künftighin die beiden neuen Zellen trennen wird. An sie ist von beiden Seiten her der Kalk abgegeben worden, und wir werden im nächsten Abschnitt schon lernen, was er für sie bedeutet. Unsere Betrachtung der Teilung ist indessen noch nicht zu Ende. Wir haben nur den Kern ins Auge gefaßt, aber wir kennen außerdem noch zwei Hauptbestandteile der Zelle, das Protoplasma und das Plasmosoma.

Beide sind wieder zusammengesetzt, wie wir damals sahen. So kennen wir im Protoplasma den Achromatinstern, d. h. die Anordnung des Protoplasmas in Fäden, die zu der entstehenden Scheidewand Stellung nehmen. Ist die kolloidale Grundlage des Protoplasmas Kieselsäure, wie wir im vorigen Kapitel vermuteten, so muß an der Stelle, wo die Zellen sich trennen, wo die Scheidewand entsteht, dieses Kolloid durchbrochen werden. Das kann nur durch etwas geschehen, was die Kieselsäure löst. Dieses Etwas ist ein einwertiges anorganisches Element, Kali oder Natron. Es wandelt die Kieselsäure in das lösliche kieselsaure Natron oder Kali um, und damit ist die Basis für die Entstehung der Scheidewand, welche die beiden Tropfen trennt, gegeben. Ein einwertiges aus dem Protoplasma, ein zweiwertiges Element aus dem Kern sind an diese Scheidewand hingewandert, das mag nicht ohne Einfluß bleiben auf den dritten Bestandteil der Zelle, das Plasmosoma.

Haben wir im Eingang dieses Kapitels für die Zelle den Ausdruck gebraucht kolloidaler Tropfen, so sehen wir jetzt, dieser Tropfen ist dreifach, dreierlei Bestandteile sind ineinander geschachtelt. Jeder Bestandteil aber hat seine kolloidale Grundlage. Nimmt das Protoplasma die Kieselsäure, der Kern

das Tricalciumphosphat in Anspruch, so bleibt für das Plasmosoma das Eisenoxydhydrat. Und die Plasmosomen sind eisenhaltig, wie die Untersuchungen J. Arnolds¹⁾ ergeben haben. Das Eisen hat nun die Eigentümlichkeit, daß es unter dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft seine Wertigkeit wechselt. Als Oxydhydrat ist es dreiwertig, bei Mangel an Sauerstoff geht es in den zweiwertigen Zustand als Oxydul über. Als Oxyd werden zwei Eisenatome durch den Sauerstoff zusammengehalten und wir schreiben das Eisenoxyd Fe_2O_3 . Im Eisenoxydul dagegen isoliert sich ein Eisenatom FeO . Das ist also auch eine Spaltung in zwei gleiche Hälften, wenn bei der Reduktion das Eisen in Oxydulbindung übergeht. Und bei diesem Übergang wird sich die Bindung zur dreiwertigen Phosphorsäure lockern, die vorher das Plasmosoma an den Kern band. Jetzt, während das Plasmosoma entsprechend der Reduktion des Eisens sich spaltet, bindet sich die Phosphorsäure an die Scheidewand, in die das zwei- und das einwertige Kation gewandert sind, um dann, wenn das Eisen durch Oxydation wieder dreiwertig geworden ist, um das Plasmosoma, das nunmehrige Zentrosoma sich wieder heranzuordnen. Reduktion im ersten, Oxydation im zweiten Stadium würde also der Verlauf der Teilung bedeuten.

Gibt nicht das Plasmosoma oder wie man es im Ei und bei der Teilung gerne nennt, das Zentrosoma den Ausschlag für die Teilung? Fast möchte man es glauben, wenn man den Vorgang bei der Befruchtung ins Auge faßt. Denn nicht der Kopf des Spermatozoon, der nuklein- und kalkhaltig ist, leitet die Teilungen ein, sondern das Mittelstück der Zellen, wie uns Boveri²⁾ lehrte. Das Mittelstück aber hat seine Wirkung auf das Zentrosoma, es ist diesem in mancher Beziehung ähnlich.

Nun ist es eine Eigentümlichkeit der Teilungen, die sich an die Befruchtungen anreihen, daß sie in drei aufeinander senkrechten Ebenen sich aneinander anschließen. Roux³⁾ hat uns das gezeigt. Ich habe das früher schon benützt. So entstehen drei

¹⁾ J. Arnold, Siderofere Zellen u. d. Granulalehre. Anat. Anz. XVII, 1900.

²⁾ Boveri, Th., Über d. Verhalten d. Zentrosomen bei d. Befruchtung d. Seeigel-Eier. Verh. d. phys. med. Ges. Würzburg n. F. XXIX. 1895.

³⁾ Roux, Beitr. z. Entwicklungsmech. d. Embryo. Bresl. ärztl. Zeitschr. 1885.

aufeinander senkrechte Scheidewände, und wir haben, wie ich bald zeigen werde, allen Grund anzunehmen, daß dieselben nicht einander gleich sind. Warum? Der Vorgang ist bei jeder Teilung derselbe, bei jeder Teilung sind alle Zellbestandteile beteiligt. Aber nur die erste Teilung wird durch die Befruchtung eingeleitet.

Was leitet die folgenden ein? Die Bildung der ersten Scheidewand muß ihren Einfluß geltend machen. Aber das was bei der ersten Teilung in dieselbe niedergelegt worden ist, kann doch nicht einfach in die Zellen zurückkehren, das würde ja die Teilung einfach rückgängig machen. Es muß eine Änderung der Reihenfolge stattfinden. Was von dem Plasmosoma ausging, wirkt jetzt auf das Protoplasma und so fort. Demgemäß ist auch die Einteilung der aufeinander folgenden Teilungen verschieden. Wurde die erste vom Plasmosoma eingeleitet, so wird die zweite vom Protoplasma, die dritte vom Kern eingeleitet, oder umgekehrt. Denn diese beiden Möglichkeiten sind vorhanden.

Schon im ersten Kapitel dieses Abschnitts habe ich das gesagt, und habe weiter gesagt, damit ändert sich in dem entstehenden Organismus das Geschlecht. Dort meinte ich, es macht die Differenz aus, ob auf die X-Ebene die Y- oder Z-Ebene der Teilung eintritt, hier sage ich, es kommt darauf an, ob nach dem Plasmosoma zuerst der Kern oder das Protoplasma die Teilung einleitet. Aus den vorausgehenden Bemerkungen ergibt sich, wie beides dasselbe ist.

4. Die Scheidewände.

Nicht bloß Tropfen einer kolloidalen Substanz sind die Zellen, sie haben auch ihre äußere Begrenzung, ihre Hüllen. Wie könnten sie sonst eine bestimmte Gestalt behaupten? Und von diesen Hüllen haben wir ja in den vorausgegangenen Abschnitten viel gesprochen, sie sind diejenigen, durch welche die Osmose stattfindet, diejenigen, welche uns veranlaßten, die Zellen als Blasen zu benennen. Wie diese Hüllen aber gebildet werden, haben wir eben gesehen, die Scheidewände sind ein Teil davon. In drei aufeinander senkrechten Ebenen werden diese Scheidewände ge-

bildet, dahinein reihen sich alle Möglichkeiten. Soweit die Zelle also nicht an die Außenwelt angrenzt, wird sie durch eine solche Scheidewand eingehüllt sein.

Diese Scheidewände haben indessen noch eine andere Bedeutung. Wenn sie Zellhüllen sind, so müssen sie, da sie bei der Teilung entstehen, immer doppelt sein, eine für die eine, die andere für die andere Seite. Dann muß zwischen diesen beiden Hüllen ein gewisser Raum übrig bleiben. Dieser Raum reicht bis an die äußere Oberfläche, die Furchung, der Effekt der Teilung verrät uns, wo er hier endet. Wir haben also in diesem Raum eine Bahn, die von der äußeren Oberfläche in den sich bildenden Organismus hinein- und wieder hinausführt. Wenn wir uns der histologischen Analyse erinnern, fällt uns ein, daß wir die Bestandteile des Organismus einteilen in Zellen und in solche Bahnen. Den Ursprung dieser Bahnen erkennen wir hier. Mehr noch — in der ursprünglichen Anlage haben wir drei solcher Bahnen, die senkrecht aufeinander stehen. Alle übrigen sind Wiederholungen dieses Ursprungs.

Im erwachsenen Organismus und im Foetus noch deutlicher, aber erkennen wir drei verschiedene zueinander senkrechte Bahnen, Gewebe nennen wir sie. Wir haben die Cerebrospinalnerven, die paarweise den Organismus umfassend im Rumpf des Menschen die horizontale Richtung vertreten. Wir haben darauf senkrecht sowohl die Anlage des Gefäßsystems, am längsten vertreten durch die Aorta, und des Sympathikus, am längsten vertreten durch den Grenzstrang.

Das Zentralnervensystem, namentlich das Rückenmark, so schalte ich hier ein, weil man diesen Einwand auf der Zunge haben wird, erweist sich als eine eigentümliche Kombination des cerebrospinalen und sympathischen Nervensystems. Ich werde davon später noch sprechen. Nun sind zwei vertikale Richtungen möglich, die der Sagittal- und der Coronarebene entsprechen. Die eine davon entfällt dem Gefäß-, die andere dem sympathischen Nervensystem. Wenn das so ist, dann hätten wir in unseren drei primitiven Bahnen die Anlagen jener künftigen Gewebe zu suchen.

Zur weiteren Bestätigung erinnern wir uns der Schlußkapitel der histologischen Analyse, dort betrachteten wir die Wechselwirkung zwischen Bahnen und Zellen. Dabei lernten wir, die Zellen

empfangen einen Inhalt von den Bahnen, dieser Inhalt wird in ihnen umgebildet, und das was zum Bau von Zellhüllen dienen konnte, wird von den Zellen an die Bahnen wieder abgegeben. Genau dasselbe haben wir hier. Die Scheidewände, also Zellhüllen, werden von den Zellen gebildet, und der Zellinhalt wird von den Bahnen an die Zellen abgegeben, sei es, daß er von außen empfangen wird, sei es, daß er bei jenem Vorgang der Befruchtung von einer Zelle an die andere abgegeben wird, wie ich im vorigen Kapitel schilderte. Dreierlei verschiedene Gewebe entstehen aus diesen drei Bahnen, und gleichfalls dem vorigen Kapitel entnehmen wir, wie die drei Bahnen resp. Scheidewände, die sie umgeben, den drei verschiedenen Zellbestandteilen Kern, Protoplasma und Plasmosoma ihre Entstehung verdanken. Das bedeutet zweierlei. Erstens wird uns die dreifache Einschachtelung der Grundsubstanzen und ihre Erhaltung erst verständlich, wenn wir einsehen, wie jede derselben mit einem Teil der Zellmembran in Verbindung ist. Eine eigentümliche Aufwindung muß dadurch im Zellinnern entstehen, die mannigfache Erscheinungen bedingt, die unter Umständen auch direkt sichtbar wird.

Zweitens aber müssen die verschiedenen Teile der Zellmembran auch verschiedene Zusammensetzung haben, wie sich sowohl aus dem Ursprung wie aus den Endschicksalen ergibt. Der Ursprung betrifft die Zellhüllen. Sie entstammen verschiedenen Zellbestandteilen, und sie müssen organischer Natur sein. Im Grunde hat man nach unseren physiologisch-chemischen Betrachtungen nicht viel andere Wahl als zwischen Fett, Eiweiß und Kohlenhydraten, wenn man die Stoffe den großen Gruppen unterordnet. Es gäbe freilich auch das Nuklein, aber das würde man an der Färbung sofort erkennen, und da die Zellhüllen sich nicht färben, so können wir es ausschließen. Nehmen wir nun jene Scheidewand, die von dem Kern herrührt, wenn der Kern nicht Nuklein abgegeben hat, so können es nur Kohlenhydrate gewesen sein. Das stimmt mit der Erfahrung, daß die Scheidewand sich ausbildet, sobald der Kern aus dem Sternzustand, in dem die Kohlenhydrate seine kolloidale Grundlage bildeten, wieder in den Ruhezustand mit dem Tricalciumphosphat als Grundlage übergeht. Im ersten Stadium ist Kalk abgegeben worden an die Scheidewand. Derselbe ist am weitesten von den künftigen Mittelpunkten weg,

also in den Raum zwischen den Zellen gegangen. Im zweiten Stadium erfolgt die Abgabe von Kohlenhydraten, die die Wand bilden, etwa ebenso wie die Zellulose die Wand der Pflanzenzelle bildet. Nur wird man hier eine andere Modifikation der Kohlenhydrate, vielleicht das Glykogen vor sich haben. Sodann wenden wir uns der zweiten Scheidewand zu, die von dem Protoplasma her stammt. Von allen Zellbestandteilen ist allein das Protoplasma fettreich, man hat es einer Emulsion verglichen. Nur aus dem Protoplasma kann deshalb das Fett der Zellhülle stammen, und daß die Zellhülle gegenüber manchen Bahnen fetthaltig sei, wissen wir aus Overtons¹⁾ Untersuchungen. Wir nehmen daher die Fettscheidewand als dem Protoplasma entsprechend an. Die dritte Wand würde aus Eiweiß bestehen.

Nun kennen wir Zellen, die ein Eiweiß, und zwar ein schwefelfreies, ausscheiden, das sind die Zellen des collagenen Bindegewebes bei der Bildung der Interzellulärsubstanzen. Zu dem Bindegewebe aber stehen die Plasmosomen in einer Beziehung. Sie sind ja ebenfalls wie das Blut auch, das eine Bildung des Bindegewebes ist. Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, daß sie das Eiweiß der Zellhülle produzieren, und zwar ein schwefelfreies, collagenes. So wäre die Zellhülle eine dreierlei verschiedene, und drei verschiedenen Bahnen sind diese Grenzen zugekehrt. Von der einen Bahn kann die Zelle aufnehmen, was durch die Kohlenhydratmembran hindurchgeht, von der anderen Bahn das, was durch die Fettmembran hindurchgeht.

So kommt auf ihre Lage zu diesen Bahnen alles für die Ladung der Zelle für ihre Ernährung an. Und diese Bahnen sind das Blut, die cerebrosinalen, die sympathischen Nerven. Mit allen dreien ist jede Zelle ursprünglich in Verbindung. Aber nicht alle diese Verbindungen werden in gleicher Weise entwickelt infolge eines Verhältnisses, das wir bald besprechen. Aber auch diese Bahnen werden andererseits von den Zellen her entwickelt, und dafür ist wieder das Verhältnis der Scheidewände bestimmend. Zwar bilden die Zellen die Hüllen für sich, aber das, was aus den Zellen durch die Hüllen zur Scheidewand hindringt, ist doch durch ihre osmotischen und chemischen Eigenschaften bedingt.

¹⁾ Overton, E., Über d. osmot. Eigenschaften d. lebend. Pflanzen- und Tierzellen. Vierteljahrsschr. d. Naturf.-Ges. in Zürich 1895.

So sehen wir in den Cerebrospinalnerven, die von dem Protoplasma durch die Fettscheidewand getrennt sind, sich die Markscheide entwickeln, in den sympathischen Nerven dagegen, die die Kohlenhydratscheidewand als Begrenzung haben, machen sich zahlreiche Kerne bemerkbar. Dieser Reichtum an Nuklein ist zweifellos der Verwandtschaft der Purinkörper zur Phosphorsäure und den Pentosen zu danken. In dem Blute endlich haben wir das Eisen in Verbindung mit dem Eiweiß und denken an die Beziehung zu der Eiweiß-Eisenverbindung in den Plasmosomen. Jegliche Möglichkeit der Zufuhr zu den Zellen, wie der Abfuhr aus den Zellen ist so durch die drei den Organismus durchziehenden Bahnen und ihre Verbindung mit den drei Zellbestandteilen gegeben. Der Lebensprozeß erscheint einiach, die Zellen gleichartig, gleichwertig. Aber können sie das bleiben, wenn sich der Organismus entwickelt, steckt nicht in ihnen jetzt schon eine Differenzierung?

5. Das Morula-, Blastula- und Gastrulastadium.

Den vorausgegangenen Kapiteln verdanken wir eine Einsicht in den Vorgang der Teilung, der sich in dem befruchteten Ei vollzieht. Aber wie wächst dasselbe? Wie vermehrt sich die Substanz, an der die Teilung stattfindet? Man hat dem sich vergrößernden Ei den Namen der Furchungskugel gegeben oder der Morula nach den Rinnen und den Hervorwölbungen, die sich an der Oberfläche geltend machen, entsprechend den Abwechslungen der Scheidewände und der Zellen.

In diesem einfachsten Zustande, noch ohne alle Hilfsmittel ist es nur die Osmose, welche das Wachstum bewirkt. Aus der umgebenden Flüssigkeit geht ein fortwährender Strom in das Ei hinein. Alle Konzentrationsdifferenzen machen sich geltend, und die Morula wird schon vergrößert durch den Wasserstrom allein. Dieses Wasser aber enthält auch Stoffe gelöst, deren Moleküle es mit hineinführt, soweit die Semipermeabilität der Membranen deren Durchtritt gestattet.

Die Differenzen der Semipermeabilität machen sich in der Rauigkeit der Oberfläche geltend, die zu dem Namen Morula Veranlassung gegeben hat. Die Scheidewände und die Zellen,

welche dieselbe bilden, haben nicht dieselbe Art der Semipermeabilität.¹⁾ Stoffe, die die einen durchlassen, lassen die anderen nicht durch. Es kommt daher zu gewissen Differenzen der Konzentrationen zwischen beiden, und somit zu gewissen Differenzen des Wassergehalts, des Grades der Quellung und Schwellung.

Schon bereitet sich nun ein neues Stadium vor. Die Ströme, welche von allen Seiten durch die Zellen und die Scheidewände der Morula hindurchdringen, treffen in der Mitte zusammen. Was für weitere Vorgänge die Stoffe, welche diese Flüssigkeitsströme mit sich führen, erwarten, das hat sich bei diesem Durchtritt abgespielt. Die Stoffe sind teils festgehalten, teils verändert worden. Sowohl die äußeren wie die inneren Membranen waren für sie permeabel. Es stellt sich jetzt die gleiche Konzentration für sie im Innern der Morula her, wie sie außen ringsum dieselbe herrscht. Daraus ergibt sich, daß jetzt im Innern der Morula eine Höhle sich finden muß, erfüllt von einer Flüssigkeit von ähnlicher Beschaffenheit, wie sie die Morula umgibt. Mit anderen Worten, die Morula ist zur Blastula geworden. Und diese Blastula wächst durch den Strom, der fortwährend in sie hineingeht. Außen zu den Zellen bringt der Strom die in der Flüssigkeit gelösten Stoffe hin, die Zellen halten diese Stoffe zurück, sie verbinden sie mit ihrem Inhalt und erneuern auf diese Weise immer wieder die Konzentrationsdifferenz, die zwischen ihnen und der umgebenden Flüssigkeit, der Nährlösung, wie wir jetzt sagen wollen, besteht. Indem sie diese Stoffe aber niederschlagen, vergrößern sie ihren Inhalt und geben Anlaß zu neuen Teilungen. Der Gegensatz in dem Wassergehalt der einzelnen Teile muß sich in ihrem elektrischen Zustand geltend machen.

Und mit dieser Teilung vollzieht sich auch der Gegensatz zwischen den verschiedenen Membranen; dreierlei sind diese Membranen, haben wir gesehen, die eine Zelle begrenzen, und in drei verschiedenen Koordinatenebenen vollzieht sich die Teilung. Nun bemerkt man schon bei dem Ei des Frosches eine gewisse Differenz zwischen den beiden Polen, wie wir die Endpunkte der Hauptachse nennen. Man unterscheidet den animalen und den vegetativen Pol. Der erstere ist pigmentreich, er ist dem Lichte

¹⁾ R. Höber, Über die Resorption im Darm. Pfl. Arch. 86, 1901.

zugekehrt, er ist auch leichter, d. h. fettreicher als der vegetative. Wir führen das zurück auf die Differenz, die sich zuerst in dem Ei nach den verschiedenen Richtungen geltend macht. In der einen Richtung ist die Zelle fettreicher, ist ihre Membran fetthaltig, lipoid, haben wir schon früher gesehen. Nun vollziehen sich die Teilungen, die Zellen, welche aus diesen Teilen entstehen, werden fetthaltiger sein. Aber jede Zelle, das wissen wir auch, wird wieder von drei Teilungsmembranen begrenzt und die sind unter sich verschieden. Auch die fettarmen Zellen haben eine fetthaltige Membran, auch die fettreichen eine fettarme. Nun hat sich in der Blastula diese Teilung vollzogen. Die Richtungen dieser Teilungsmembranen in bezug auf das Innere und Äußere dieser Blastula aber werden nicht die gleichen sein. Am animalen Pol, die fettreichen Zellen haben ihre lipoide Membran nach einer anderen Seite gerichtet, als am vegetativen Pol die fettarmen.

Daraus ergibt sich ein verschiedenes Verhalten gegenüber der Osmose, Denn auf allen Seiten, an beiden Polen grenzt die Flüssigkeit von außen an die Zellen. Von allen Seiten stoßen die Moleküle derselben und die in ihr gelösten Stoffe mit der Gewalt des osmotischen Druckes auf die Zellen auf. Wo die Membranen für diese Moleküle permeabel sind, üben diese Stöße keine Gewalt aus, wo sie es aber nicht sind, da sehen wir einen Kampf zwischen der Gewalt dieser Stöße und der Festigkeit der Wand sich entspinnen. Von der Gewalt der Stöße geben uns Experimente und Beobachtungen kund, und wir wissen, wie organische Membranen unter ihrem Einfluß sich einbiegen. Wir wundern uns daher nicht, daß am animalen und am vegetativen Pol, wo verschiedene semipermeable Membranen die Zellen gegen die äußere Flüssigkeit abgrenzen, etwas Verschiedenes geschieht. An dem animalen Pol, wo die Moleküle eingelassen werden, wölbt sich die Membran heraus; am vegetativen Pol, wo die Membran nicht permeabel ist, wird sie durch den osmotischen Druck eingebogen. So entsteht die neue Form, die Gastrula. Während im Blastulastadium eine Höhlung das Innere erfüllte, ist nun an der Außenseite des Keims ein Hohlraum aufgetreten. Zwei Lager von Zellen übereinander gelegt, umschließen diese Höhle. Es macht sich zum erstenmal die Differenz zwischen der chemischen Natur dieser beiden Lagen, durch die Verschiedenheit ihrer osmotischen Eigenschaften geltend.

Die Flüssigkeit, welche das Innere der Blastula erfüllte, ist nun zum größten Teil verschwunden. Teils wird sie unter dem Einfluß des Druckes, dem sie ausgesetzt war, die umschließende Membran passiert haben. So weit sie Wasser war, ist das ja sicher der Fall, denn hierfür war die Membran an beiden Polen wie an dem Äquator permeabel. Teils wird sie in die umschließenden Zellen übergegangen sein.

6. Die drei Keimblätter.

Wir berühren eine vielumstrittene Frage. Folgen wir zunächst einmal Hertwig. Ursprünglich existiert eine einzige Zellenlage, welche die Morula umgibt. Das wäre das erste Keimblatt. Dann erfolgt die Einstülpung, welche die Morula zur Gastrula macht. Wir haben eine konkave, darüber eine konvexe Zellenlage, aus dem ersten Keimblatt sind zwei, ein äußeres und ein inneres geworden. Jetzt setzt sich die Einstülpung, die zur Bildung der Gastrula geführt hat, fort. An den beiden Seiten erheben sich zwei neue Einstülpungen, die die mittlere umschließen. Die mittlere wird zum Darmrohr, die seitlichen zu den Leibeshöhlen, wir nennen sie Coelome. Die Zellenlagen, welche sie begrenzen, sind das dritte oder mittlere Keimblatt, und wir können in demselben gleich ein parietales (dem äußeren Keimblatt zugewendet) und ein viscerales Blatt unterscheiden, welches dem inneren Keimblatt anliegt. Die epitheliale Natur der Zellen, welche die Coelome ausgleiten, genügt indessen nicht, um die späteren Entwicklungen verständlich zu machen, welche aus dem mittleren Keimblatt hervorgehen. Namentlich handelt es sich um die Anlage des Blutes und des Bindegewebes. Um sie verständlich zu machen nimmt Hertwig an, daß sich von den primären Keimblättern Zellen einzeln absondern, die Stützsubstanz, und wo solches sich findet, auch das Blut zwischen den Epithellagen des Körpers erzeugend. Derartige embryonale Zellen, die durch Auswanderung in den von den Keimblättern begrenzten Raum gebildet werden, nennt Hertwig Mesenchymkeime, und das von ihnen gelieferte Gewebe Mesenchym.

¹⁾ Hertwig, O. u. R., Die Coelomtheorie. Jena 1881.

Von der Keimblattbildung muß die Mesenchymbildung nach seiner Meinung scharf unterschieden werden.

Aber nicht alle Forscher sind seiner Meinung. Spricht doch die Mehrzahl der pathologischen Anatomen, und nach ihnen die Mehrzahl der Pathologen von dem Bindegewebe und dem Blute, also dem Mesenchym nach Hertwig als den Deszendenten des mittleren Keimblattes gleichwertig mit den Deszendenten der primären Keimblätter. Am ehesten könnte sich noch His¹⁾ mit ihm versöhnen, der für das Blut und das Bindegewebe einen besonderen Keim, den Parablasten, annahm, aber auch His nahm für den Parablasten das mittlere Keimblatt in Anspruch.

Wie verhält sich dazu nun unsere Kritik? In dem vorigen Abschnitt hat sie die Bahnen abgeleitet von dem mittleren Keimblatt, ihrer Grundlage nach wenigstens. Sie hat diese Bahnen sich bilden lassen auf den Substanzen, welche von den Zellen abge sondert werden, den Interzellulärsubstanzen. In allererster Linie waren es die Spalten, die zwischen den Zellen übrig blieben, welche das Material für die Bahnen enthielten. Das erinnert an das Hertwigsche Mesenchym. Freilich läßt Hertwig dasselbe abstammen von den in diese Spalten eingewanderten Zellen. Aber diese Einwanderung betrachtet die Kritik als sekundär, es muß schon etwas in den Spalten da sein, damit die Einwanderung erfolgt. Die Kritik begrüßt es weiterhin, daß das mittlere Keimblatt seiner Anlage nach auch Epithelzellen besitzt. Diese Epithelzellen müssen nach Hertwig mit dem Mesenchym in Verbindung treten, wenn die Aufgaben des mittleren Keimblattes gelöst werden sollen, sie müssen es auch nach der Kritik. Aus ihnen entstehen, so haben wir schon gesehen, die Muskeln, aus ihnen entstehen, so werden wir später sehen, die Geschlechtsorgane. Durch diese Verbindung aber zwischen Mesenchym und Epithel wird etwas Neues geschaffen, etwas Neues in chemischem Sinne.

Darin beginnt die Kritik von der Auffassung Hertwigs sich zu unterscheiden. Die chemische Änderung ist für die Kritik das Primäre. Die Faltenbildung, die Aus- und Einstülpung sind, wie das Kapitel über Morula- und Gastrulabildung z. B. zeigt, lediglich Konsequenzen

¹⁾ His, W., Die Lehre vom Bindestanzkeim (Parablast). Arch. f. A. u. Phys. An. Abt. 1882.

dieser chemischen Änderung. Für Hertwig aber, der auf dem Boden der reinen Morphologie steht, ist diese Aus- und Einstülpung das Primäre, das, was alles andere bedingt. So betrachtet die Kritik es als eine Folge der bei der Teilung eintretenden ungleichen Verteilung der Stoffe, daß die Deszendenten der Zellen des einen Pols des Eis in Zukunft Keratin, die des anderen in Zukunft Mucin bilden werden, und lediglich eine Folge der so entstehenden Verschiedenheit in der Semipermeabilität ist es, daß die einen eingestülpt werden, die anderen nicht. Ebenso ist die weitere Einstülpung zur Bildung der Coelome eine Folge der chemischen Beschaffenheit, die die zugrunde liegenden Zellen denen des inneren Keimblatts ähnlich macht. Indem aber die so eingestülpten Zellen nunmehr in Berührung kommen mit den Stoffen, die in der Spalte zwischen den beiden primären Keimblättern liegen, mit dem Mesenchym, entsteht eine neue chemische Änderung, die zur Bildung von Blut und Bindegewebe führt.

Für uns aber ist wichtig, daß wir aus jenem Stadium folgendes behalten: Einerseits haben wir die künftigen Bahnen. Zu ihnen werden verwendet teilweise das viscerales und das parietale Blatt des Coeloms und die Mesenchymkeime. Andererseits haben wir die künftigen Organe. Sie stammen ab: von den beiden primären Keimblättern und von dem für die Bahnen nicht verwendeten Teile der Coelome.

7. Die Primitivrinne.

Die Primitivrinne hat eine wohlbekanntere Bedeutung. Ihre Entstehung wird nach dem, was wir seither gehört haben, wohl dem osmotischen Druck zu verdanken sein. So gut wie die Gastrulabildung eine Einstülpung durch denselben am vegetativen Pol zustande brachte, so gut kommt es jetzt zu einer solchen am animalen. Aber was macht die Zellmembranen an demselben auf einmal impermeabel für den Stoß der gelösten Moleküle in der umgebenden Flüssigkeit? Vorher, als dieser Pol sich herauswölbte, waren sie es doch nicht. Und diese Einstülpung, also das Impermeabelwerden der Membranen, also die chemische Änderung, die in den Zellen vor sich geht, geschieht in einer geraden Linie, in der der Pol liegt. Legt man durch diese Linie und durch

den Mittelpunkt des Organismus eine Ebene, so trifft dieselbe auf der anderen Seite das Darmrohr. Zwischen dieser Einstülpung auf der zentralen und der auf der dorsalen Seite aber existiert eine Beziehung, denn noch beim Amphioxus setzen sie sich ineinander fort. Der Canalis neurentericus verbindet beide, und wenn die beiden Einstülpungen sich zu Röhren geschlossen haben, so strömt Flüssigkeit aus der einen in die andere. Es muß also in der Ebene, die sie beide enthält, sich etwas ereignet haben, was für die Zellen, die darin lagen, chemische Folgen hatte, was ihre Membranen impermeabel machte. Diese Ebene aber nennen wir die Sagittalebene. Wir erinnern uns an drei Ebenen, welche senkrecht zueinanderstehend, die ersten Trennungsebenen wurden, und in welchen sich die Bahnen entwickelten, die den Organismus durchziehen. In der Sagittalebene aber entwickelte sich die Bahn, die dem Sympathikus zugrunde liegt, und diese Entwicklung ist es offenbar, welche die Veränderung in dem Chemismus der Zellen herbeiführt. Noch weit über jenes Stadium hinaus, indem die Rückenrinne die Fortsetzung der Bauchrinne bildet, bleibt es die Aufgabe des Sympathikus, das Darmrohr, den Apparat der Eingeweide mit dem Rückenmark in Verbindung zu setzen, und die Rami communicantes legen hiervon Zeugnis ab. Indessen vollzieht sich in der Primitivrinne noch etwas anderes. Sie kommt mitten in den Weg der sich entwickelnden cerebrospinalen Nerven. Die Sagittalebene muß alle die Ebenen schneiden, welche horizontal durch den Organismus gelegt sind, und die Bahnen, die sich in diesen Ebenen entwickeln, werden durch sie unterbrochen. Es sind wieder Bahnen, die den ursprünglichen Trennungsebenen entsprechen, und wie wir in der histologischen Analyse oder in früheren Kapiteln dieses Abschnittes lernten, haben wir in ihnen Interzellulärsubstanzen oder Mesenchym. Auf dem Boden dieser Bahnen aber entwickeln sich auch epitheliale Gebilde, die von der äußeren Oberfläche stammen. Hier in der Primitivrinne nun wird die Kette dieser Gebilde durch eine Einstülpung, die auch von der äußeren Oberfläche stammt, unterbrochen. Beide treten miteinander in Verbindung. Die Interzellulärsubstanzen der Bahnen der eintreffenden Nerven verbinden sich mit jenen, welche die Primitivrinne einstülpt, die epithelialen Gebilde der Nerven mit jenen des Rückenmarks. Was bedeutet dies im Lichte unserer

seitherigen Betrachtungen? Zunächst eine Kontinuität der Grundsubstanz, welche den Zusammentreffenden zugrunde liegt. Hier wie dort haben wir die Grundsubstanz, welche wir in den Epithelzellen des äußeren Keimblattes finden, sie wird zu einem Ganzen verschmolzen durch das Zusammentreffen. Jede Erregung, die von der äußeren Oberfläche herkommend, diese Grundsubstanz durchzittert, kann sich auf das Ganze ausbreiten. Auf das Halbe wäre zunächst besser gesagt. Denn für die Bahnen, welche den Keim umkreisen sollen, bleibt die Primitivrinne die Unterbrechung. Der von rechts kommende Nerv findet nicht in dem von links kommenden seine Fortsetzung. Die Erfahrung lehrt, daß die im Rückenmark ankommenden Erregungen zwei Wege einschlagen, entweder sie werden weitergeleitet zum Gehirn, oder sie gehen über auf die motorischen Nerven. Die erstere Weiterleitung geschieht in der Längsachse des Rückenmarkes, also in der Sagittalebene, der Ebene des Sympathikus. Jene chemische Veränderung, die der Sympathikus den Zellen mitteilte, die sie zur Einstülpung brachte, mag auch die Ursache sein, weshalb jetzt in der Richtung seiner Bahn eine Fortleitung geschieht. Aber sie geschieht nicht immer. Im Falle des einfachen Reflexes findet im Rückenmark der Übergang von dem sensiblen zu dem motorischen Nerven statt. Da tritt denn etwas ein, wovon ich bei der histologischen Analyse im Kapitel über Nerven oder Muskeln gesprochen. Der motorische Nerv ist gerade so gebaut, wie der sensible, aber er leitet in umgekehrter Richtung. Die Organe, die an seinem Ursprung, in der Leitungsrichtung an seinem Ende sitzen, nehmen bloß in der zentrifugalen Richtung auf. Es ist daher notwendig, daß das, was von der Oberfläche her eintrifft, vollständig umgeordnet werde, um die Verbindung zwischen Oberfläche und Muskel herzustellen. Diese Verbindung bedeutet das Aufflackern des Lebens eines Spezialwesens, das in verschiedenen Teilen zerstreut liegt. Sie ist der Sinn eines solchen Reflexes, haben wir früher gesehen.

Die Umordnung, die sie zur Voraussetzung hat, kommt zustande in dem Rückenmark, durch die Einwirkung der dritten Bahn, die sich dort auch findet, der Blutbahn, einer Bahn, die, wie wir auch bereits sahen, ganz vom mittleren Keimblatt stammt und keine anorganische Grundsubstanz hat.

8. Segmentation.

Schon lange hat die zoologische und später die vergleichende Anatomie darüber belehrt, daß der Körper der Wirbeltiere und noch mehr vieler Wirbelloser in aufeinanderfolgende einander ähnliche Abschnitte, in Segmente zergliedert ist. Die Embryologie hat dann gezeigt, wie bei allen Wirbeltieren die Muskulatur in solchen Abschnitten ursprünglich angelegt wird. Man bezeichnete dieselben anfänglich als Urwirbel, weil ihre Anlage entspricht der Gliederung der Wirbelsäule in Wirbel, und weil auch die Bildung der Wirbel mit diesen Abschnitten zusammenhängt. Seit man aber eingesehen hat, wie die Anlage der Muskulatur auch von denselben bedingt ist, zieht man den Namen Ursegmente vor. In welcher Beziehung steht nun diese Gliederung des Embryo zu der Vorstellung von dem Aufbau, den wir begonnen haben zu entwickeln? Zunächst sagen wir, im allerengsten Zusammenhang. Denn jedem Wirbel entspricht ja ein Wirbelloch und damit ein Nervenpaar, eine jener beim Menschen horizontalen Bahnen des äußeren Keimblatts, die von der Peripherie herkommen, im Zentrum unterbrochen werden und nicht ganz bis zur Peripherie zurückkehren. Wo halten sie an? Bei den Muskeln, da haben sie also eine neue Unterbrechung. Nun hat uns das vorige Kapitel belehrt, daß ihre Unterbrechung in der Mittellinie geschehen ist, weil sie da zusammentrafen mit den anderen Bahnen, namentlich denen des Sympathikus. Die Stoffe, die sie vom äußeren Keimblatt herbeischafften, die den dort vorwiegenden Gebilden entstammten, erlitten eine Veränderung durch den Verkehr und Austausch mit denen, die durch die anderen Bahnen von den anderen Gebilden herstammten. Nun gehen sie verändert wieder hinaus und gehen zu den Muskeln hin. In diesen Muskeln werden die veränderten Stoffe wieder entladen. Die Muskeln sind wieder Zellen, an denen Nerven als Bildungen des äußeren Keimblattes vorüberziehen würden, wenn sie nicht durch die Bahnen des mittleren Keimblatts verändert worden wären. Das, was durch den Austausch mit der Bahn des Sympathikus und die Umordnung durch das Blut aus den cerebrospinalen Nerven geworden ist, findet seine Erledigung in den Muskeln, immer auf dem Boden der von der Bildung des äußeren Keimblattes her geschafften ist.

Das Ganze aber liegt zusammen, es bildet ein Ursegment. Die Einheit, von dem Ursprung an der äußeren Peripherie der Bahn bis zum Zentralnervensystem, mit den Zellen, die den Austausch mit dem Sympathikus bewirken, mit den Bahnen, welche nach erlittenem Austausch wieder herausgehen, und den Muskeln, in welchen sie schließlich endigen, liegt deutlich vor uns. Wir begreifen, wie so etwas zusammen wachsen, sich entwickeln muß, wir begreifen auch, wie die Veränderung, welche die äußeren Kräfte an dem Ursprung der Bahn bewirken, sich fortpflanzen muß durch dieselbe, bis sie in den Muskeln endigt, in welche die veränderten Stoffe ergossen werden.

Indessen im Organismus sind die Segmente nicht einfach aneinander gereiht. Wir haben nicht bloß Reflexe, welche ein solches Segment durchlaufen, wir haben auch eine Empfindung, welche an dem einen Ende des Zentralnervensystems stattfindet, würde der Physiologe sagen. Diese Empfindung bedingt, daß in dem Zentralnervensystem nicht bloß ein Übergreifen der zentripetalen auf die zentrifugalen Nerven, sondern auch eine Längsleitung stattfindet. Wir haben eben noch zwei andere Bahnen, die des Sympathikus und die des Blutes, und sie bewirken eine weitere Zentralisation. Der Sympathikus umläuft die ganze Sagittalebene. Dem Zentralkanal, zu dem sich die Primitivrinne hinten schließt, entspricht vorne das Darmrohr, zu dem sich die Gastrula schließt. Warum die beiden nicht miteinander in Verbindung sind, können wir erst in der Synthese besprechen. Innerhalb dieser Bahnen aber besorgt derselbe einstweilen die Leitung. Er hat noch mehr zu tun. Die Veränderungen, welche durch die cerebrospinalen Nerven in das Zentralnervensystem hingeleitet werden, haben zu einem Austausch mit dem Sympathikus geführt. Die Austauschprodukte werden durch die zentrifugalen Bahnen dieser Nerven wieder hinausgeleitet, aber nur zum Teil. So gut wie der Sympathikus auf die cerebrospinalen Nerven wirkt, so gut findet auch die umgekehrte Wirkung statt. Auch der Sympathikus hat etwas hinauszuleiten aus dem Zentralnervensystem. Das leitet er auch zu Muskeln hin, aber zu denen der dritten Bahn, der Blutbahn. Mehr noch als die anderen bewirkt diese die Zentralisation, sie gibt uns *ein* Herz, welches dem ganzen Organismus dient. Der Ausdruck aber der Verbindung, welche die Blutbahn zwischen allen Teilen des Organismus erhält,

ist der Kreislauf, und diesem dienen die Erregungen, welche der Sympathikus den Muskeln der Gefäße und des Herzens zuführt. Während also das, was in der cerebros spinalen Bahn sich abspielt, wesentlich das Ursegment und seine Abkömmlinge betrifft, sorgen gleichzeitig die beiden anderen Bahnen, Sympathikus und Blutbahn, für den Zusammenhang der Segmente und die Zentralisation. Nicht minder sehen wir diesen Gegensatz sich vollziehen, wenn wir die Bildungen im Bereich des Bindegewebes ins Auge fassen. Unter der Primitivrinne liegt die Chorda dorsalis als Grundlage der künftigen Wirbelsäule. Sie schwindet teilweise in dem Maße als die Ursegmente sich ausbilden und damit die Wirbel aus dem fibrillären Bindegewebe entstehen und verkalken. Von der Chorda dorsalis aber bleibt übrig, das was die einzelnen Wirbel miteinander verbindet, die Zwischenwirbelscheiben, elastischer und knorpeliger Natur. In den Wirbeln die Trennung von vorn und hinten, die Verbindung von rechts und links, in der Chorda die Trennung von rechts und links, die Verbindung von vorn und hinten. Dort die Derivate der Kalkbildungen, hier die der Kieselsäurebildungen.

9. Ernährung des Embryo.

In den früheren Abschnitten haben wir uns damit begnügt, einen Strom, der aus der umgebenden Flüssigkeit in den Keim hineindringt, für das Wachstum verantwortlich zu machen. Das ist richtig für die niedersten Lebewesen und für die ersten Entwicklungsstadien. Auf jeder höheren Stufe gestalten sich die Ernährungsbedingungen schon komplizierter. Inwiefern sind dabei nun andere Kräfte, als diejenigen, welche wir seither kennen gelernt haben, maßgebend?

Man kann jede Ernährung des Embryo auf zwei untereinander verschiedene Modi zurückführen. Entweder handelt es sich dabei um in den Embryo bereits niedergelegte Stoffe, den Dotter, welcher zur Ausbildung der Organe verwendet wird, oder es handelt sich um die Zuführung neuer Stoffe von außen, wie sie im Uterus durch die Placenta geschieht.

Bei dem ersten Vorgang spielt die Osmose nicht immer eine Hauptrolle. Dieser erstere Vorgang spielt sich nämlich auch noch

in zwei Modifikationen ab. Es kann der Dotter durch den ganzen Keim verteilt sein. Die sich bildenden Zellen des Keims umfassen dann die Dotterteile, die Dotterplättchen bereits, und haben sie nur umzuwandeln. Diese Umwandlung geschieht mit einer uns vom chemischen Gesichtspunkt aus überraschenden Leichtigkeit. Wir dürfen jedoch dabei nicht vergessen, daß der Kreis dieser Umwandlungen ein beschränkter ist. Es handelt sich im Grunde eigentlich nur um eine Rückwandlung bestimmter Substanzen in andere ähnliche, die sich vorher im Ei im entgegengesetzten Sinne vollzogen hat. Aus den Zellen des Körpers sind die Bestandteile des Dotters gebildet worden, in Bestandteile des Körpers werden sie jetzt zurückverwandelt. Wie einfach oder wie kompliziert dieser Vorgang ist, vermögen wir einstweilen noch nicht zu ermessen. Alle unsere Beobachtungen deuten darauf hin, daß es sich in gleicher Weise vollzieht, wie die chemischen Umwandlungen, welche die Zellen vollziehen, überhaupt, nämlich durch Fermente, und wir werden weiterhin, wenn wir von den Kräften, die für die Ernährung des Individuums zu Gebote stehen sprechen werden, zu analysieren haben, was wir darüber wissen.

Außer dieser chemischen Umwandlung kommt nun bei der zweiten Modifikation die Osmose in Betracht, wenn nämlich der Dotter außerhalb der Zellen des Keims in einer besonderen Masse niedergelegt ist, als Nahrungsdotter. Auf einer Stufe der Umwandlung müssen die Bestandteile desselben dem Keime zugeführt werden, sie müssen ihren Ort wechseln. Das geschieht nun immer, indem bestimmte Blasen, Anhänge der Blutgefäße nennen wir sie, sich ausstrecken bis zu ihnen. Sei es, daß sie unter dem Einfluß der Osmose sich ausdehnen, sei es, daß die Anwesenheit gewisser Substanzen sie leitet. Zweierlei oder eigentlich dreierlei findet nun statt. Einmal die Umwandlung der Dotterbestandteile, die gewöhnlich mit einer Lösung derselben verbunden ist, zweitens eine Osmose der gelösten Bestandteile durch die Membran, welche die Blase umgibt, in diese hinein, drittens eine Bewegung im Innern der Blase, der dieselbe erfüllenden Flüssigkeit, ein Strömen des Blutes, wie wir nun sagen, in der Richtung des Keimes. Lassen wir dieses erste Auftreten einer Bewegung für die Analyse der Bewegung in dem folgenden Abschnitt beiseite, so sehen wir, wie diese Ernährung durch die *Circulatio omphalo-*

mesenterica oder den Gefäßhof sich reduziert auf die zwei Kräfte, die wir schon ins Auge gefaßt haben, nämlich die fermentative, chemische Umwandlung der Substanzen und die Osmose der gelösten Substanzen in die Blutgefäße hinein. Es sei denn, daß wir die Bildung dieser Blutgefäße selbst als einen besonderen rätselhaften Vorgang ansehen wollten. Aber diese Blutgefäße werden gebildet durch dieselben Prozesse der Zell- und Organbildung, von denen wir seither sprachen, und daß dieser Prozeß gerade in der Richtung besonders lebhaft erfolgt, in der der Strom der ernährenden Stoffe stattfindet, kann uns nicht verwundern, entspricht es doch ganz den Voraussetzungen, die wir gemacht.

Das bringt uns auf den zweiten Modus der Ernährung des Embryo, durch Stoffe, die ihm von außen zugeführt werden. Wodurch werden ihm diese Stoffe zugeführt? Durch Zotten, die an der Oberfläche des Eis entstehen, und die eindringen in die Wandungen des mütterlichen Fruchthalters. Was findet in diesen Zotten statt? Eine Osmose zwischen den Säften der Mutter, dem Nährboden und dem sich entwickelnden Keim, der hier der Parasit ist, der sich in dem Nährboden ernährt. Der Keim verbraucht die Stoffe, d. h. er entfernt sie aus der Lösung, indem er sie unwandelt und daher wird fortwährend ein Strom von der Mutter zu dem Keim von dem Orte höherer Konzentration zu dem geringerer Konzentration hingehen. Mutter und Kind sind aber räumlich ausgedehnt, es bedarf wieder besonderer Wege, um diese Stoffe zu dem Ort zu bringen, wo sie den Austausch vollziehen können. Diese Wege sind die Blutgefäße, und in ihnen erteilt die Bewegung der Flüssigkeit dem schwingenden Molekül noch eine besondere Beschleunigung in der Richtung des Austausches.

Eine eigentümliche Erscheinung verbindet nun die beiden Modi und gibt die Erklärung für die höhere Entwicklung. Bei dem Hühnchen nämlich, das einen Nahrungsdotter hat und durch dessen Assimilation seinen Keim vergrößert, sehen wir eine besondere Blase sich der sich allmählich vergrößernden Höhle zuwenden, in der sich die Luft innerhalb der Eischale ansammelt. Das ist die Allantois. Ihr Erscheinen erinnert uns daran, daß zu den chemischen Umwandlungen, welche sich im Keime vollziehen, derselbe des Sauerstoffs der Luft bedarf, daß die Oxydation eine der Grundlagen des Lebens ist. Die Zellbildung muß ja um so

lebhafter geschehen, je näher den Zellen der Sauerstoff kommt, der für sie notwendig ist. Der Sauerstoff muß selbst der Führer sein, der zu ihm hinleitet.

Natürlich muß auch der Keim der Säugetiere den Sauerstoff aufsuchen. Er findet den Sauerstoff nicht in einer besonderen Höhle, sondern er findet den Sauerstoff in dem Blute der Mutter. Daher entwickelt sich in ihm diese Allantois zu einer mächtigen Verbindung des Embryos mit dem Uterus. Überall dringen die Zellen, d. h. die Verzweigungen, die Ausstülpungen dieser Blase in die Wandungen des Uterus ein, damit die aus den Blutgefäßen der Mutter auswandernden Sauerstoffmoleküle, diese Zotten treffen, in sie durch Osmose eindringen und durch den Blutstrom des Embryo zu diesem zurückgeführt werden können. Wie die Sauerstoffmoleküle aber verhalten sich alle die wandernden, der Osmose fähigen Moleküle, welche das Blut der Mutter enthält und das Blut des Embryos aufnimmt. Verbraucht der Embryo diese Stoffe, so entsteht in seinem Blute eine Konzentrationsdifferenz, welche den osmotischen Strom bei der immer sich erneuernden Zirkulation des Blutes aufs neue anregt. Auf der Osmose allein aber beruht der Austausch der Ernährung zwischen der Mutter und dem sich ausbildenden Keim, das haben uns unzählige Versuche gelehrt.

Drei Dinge merken wir uns, die uns auch über die künftigen Schicksale belehren können. Kerne, Zellen liefert die Mutter dem Kinde nicht, nur Stoffe, aber nicht Formen gehen an den Keim über, alle Formen bildet derselbe selbst. Das war das erste. Das zweite lautet, der Übergang der Stoffe findet immer durch die Osmose, durch trennende Membranen hindurch statt. Drittens die Allantois geht genau zu dem Ort hin, wo sie die ernährenden Gefäße trifft. Der Strom von Stoffen, welcher sie selbst zum Aufquellen bringt, kommt ihr entgegen und leitet sie. Die Zellen des erwachsenen Organismus aber haben *dieselben* und *nicht andere* Eigenschaften.

V. Abschnitt.

Physiologische Analyse.

I. Die Aufnahme in den Organismus.

Wir betrachten es als die Aufgabe der physiologischen Analyse, die Entwicklung der Kräfte, welche durch die Umformung der Nahrung im Organismus gewonnen werden, zu untersuchen. Dabei beginnen wir mit der Aufnahme der Nahrung in den Organismus. Die letzten Worte des vorigen Abschnitts müssen uns noch in den Ohren klingen. Die Zellen des erwachsenen Organismus verhalten sich bezüglich ihrer Ernährung nicht wesentlich anders als die des wachsenden. Nur Stoffe, nicht Formen aber empfängt der wachsende Organismus von seiner Ernährerin, der Mutter. Wenn von dieser nicht einmal Formen übergehen dürfen, um wieviel weniger darf das geschehen von der fremden Welt, von andern Lebewesen, die als Nahrung dienen. Alle Stoffe müssen gelöst werden, der Aufbau zu Formen, der sie charakterisierte, muß zerstört werden. Der Organismus umgibt sich mit einer Wache von Zellen, die seine Grenze gegen die Außenwelt behüten, und nur hindurchlassen, was ihre Hüllen passieren kann. Wie geschieht nun der erste Akt, das Bereitmachen für die Aufnahme? Der Organismus verfügt über zweierlei Hilfsmittel, über mechanische und chemische. Mechanisch zerstört er mit seinen Muskeln, zuletzt mit Hilfe seiner Zähne die fremden Formen. Er bereitet die chemische Wirkung des zweiten Teils vor, indem er zunächst eine möglichst große Oberfläche für die Einwirkung der Mittel der

Zellen schafft. Vielleicht sind in der Nahrung Stoffe vorhanden, welche sich jetzt schon lösen in den sich darbietenden Lösungsmitteln, wie es Rohrzucker und Traubenzucker tun. Die Mehrzahl der Stoffe aber, welche als Nahrung dienen, ist kolloid, und diese großen kolloiden Moleküle und Molekülgruppen müssen zunächst gespalten werden. Schon im ersten und zweiten Abschnitte der speziellen Analyse habe ich von den Hilfsmitteln gesprochen, welche der Organismus sich für diese Spaltung bereitet, den Fermenten. Ich habe auf die eigentümliche Leichtigkeit aufmerksam gemacht, mit der sie die chemische Zerlegung bewirken und auf die physikalisch-chemischen Anhaltspunkte, die uns veranlassen, den Fermenten eine Oberfläche, eine morphologische Existenz zuzusprechen.

Nicht allen Substanzen gegenüber zeigen sie diese Fähigkeit der Zerlegung, nur gewissen, nur solchen, die selbst wieder von lebenden Wesen herkommen. Jenen morphologischen Organisationen, die von fremden Leben gebildet sind, gegenüber erweisen sich diese anderen morphologischen Organisationen feindlich. Sie zerlegen sie, bis die entstehenden Spaltlinge gelöst werden können in der umgebenden Flüssigkeit. Auf diese Zerlegung, auf die ganze Verdauung, wie die Physiologie sie lehrt, will ich nicht eingehen. Ich überlasse das den entsprechenden Lehrbüchern.

Aber die Punkte, welche die hier entwickelten Anschauungen betreffen, muß ich hervorheben. Jene Zellen, welche den Verdauungskanal auskleiden, gliedern sich in zwei verschiedene Klassen nach ihrer Funktion. Als Verdauungskanal betrachten wir ein Rohr, das durch den Organismus hindurchzieht, das ein Stück Außenwelt umschließt. Das Epithel, welches den Organismus hier begrenzt, welches diese innere Oberfläche überzieht, hat die Fähigkeit, von ihr etwas aufzunehmen. Es unterscheidet sich dadurch von dem Epithel, der äußeren Körperoberfläche, wir haben schon im vorigen Abschnitt darauf aufmerksam gemacht, es ist ein Deszendenz des inneren Keimblattes im Gegensatz zu dem des äußeren Keimblattes. Seine Funktion, etwas aufzunehmen, nennen wir die Resorption. Daneben aber hat dieses Epithel noch die Fähigkeit, jene Hilfsmittel der Zerlegung, die Verdauungsfermente, in das Innere dieses Rohres abzuschleiden. Es sind nicht dieselben Zellen, welche die Sekretion und die Resorption besorgen. Jene rücken von der Oberfläche weg in besondere Ausstülpungen der-

selben hinein, in die Drüsen; diese dagegen kommen dem zu resorbierenden Material gewissermaßen entgegen, auf den Falten oder Zotten. Wenn es aber auch nicht die gleichen Zellen sind, so haben sie doch die gleiche Abstammung. Nehmen wir nur einen bestimmten Stoff, den Schleim, als Gegenstand der Sekretion, so lehrt uns die Beobachtung der Becherzellen, daß auch den resorbierenden Zellen die Fähigkeit der Sekretion nicht fehlt. Noch wissen wir nicht, was die Zellen des inneren Keimblattes eigentlich sind. Aber schon sehen wir, wie das Leben in ihnen ganz verschiedene Dinge entwickeln kann. In der Zelle müssen diese Dinge nebeneinander und miteinander leben. Wir wollen das eine *Symbiose* nennen. Je nach den Kräften, die das Leben zur Wirksamkeit bringt, entwickelt sich von den *Symbioten* der eine oder der andere. Das Produkt sind zunächst die Fermente. Wir haben allen Grund anzunehmen, daß die Fermente sowohl resorbiert wie sezerniert werden. Es ist eine Eigentümlichkeit der Fermente, die wir unter den verschiedensten Umständen konstatieren können, daß sie bei ihrer Tätigkeit nicht zerstört werden. Folglich haben wir Grund anzunehmen, daß sie auch ihre Funktion im Darm überdauern. Die Faeces aber enthalten nicht alles von den Fermenten, soweit sie überhaupt etwas enthalten. Folglich müssen die Fermente im Darm wieder aufgenommen werden. Die gleichen Symbioten also entledigen sich der Fermente und nehmen sie wieder auf. Das deutet darauf hin, daß diese Symbioten sich in zwei verschiedenen Zuständen befinden müssen. Und das erscheint uns von unserem Standpunkt aus als der wesentliche Sinn der Verdauung. Freilich, der Praktiker wie der Physiologe stellen in den Vordergrund die Wirkung der Fermente auf die Nahrungsmittel und ihren Eingang in den Organismus. Wir selbst begrüßen ja auch als Sättigung jenes Überschreiten der Schwelle, welches die Verwandlungen einleitet, die der Nahrungsmittel im Körper warten. Aber der eigentliche Sinn des ganzen Vorgangs scheint darin zu liegen, daß die Symbioten der Zellen des inneren Keimblattes zwei Zustände haben, einen, indem sie sich gewisser morphologischer Bestandteile entledigen, und einen, indem sie diese wieder aufnehmen. Die Zerlegung der Nahrungsmittel in der Zwischenzeit erscheint uns als eine Folge der Eigenschaften, mit denen die Zellen überhaupt ausgestattet sind, die Resorption der

Zerlegungsprodukte als eine Begleiterscheinung, die freilich den Zyklus der Zersetzungen im Organismus neu anfacht. Von den Symbiosen des inneren Keimblattes aber schließen wir auf die Symbiosen des ganzen Organismus. Wenn es im inneren Keimblatt zwei Zustände gibt, so muß es im Organismus überhaupt zwei Zustände geben. Mit der Veränderlichkeit des Organismus, von der ich früher sprach, haben sie zunächst nichts zu tun, denn sie entsprechen ja nicht kosmischen Perioden, sie hängen nicht von kosmischen Kräften ab. Indirekt aber mag ihre regelmäßige Wiederkehr doch zurückzuführen sein auf eine solche periodische Veränderung der Zellen unter dem Einfluß des Lebens der Symbioten. Zu der Mannigfaltigkeit, deren Ursachen wir in der Verschiedenheit der Symbiosen kennen gelernt haben, gesellt sich nun die zweite in den verschiedenen Zuständen, welchen die gleichen Symbioten unterliegen. Was mag nun der Sinn dieser Zustände sein? Nicht mehr bloß als morphologische oder chemische Kombinationen erscheinen die Zellen. Der Lebensprozeß erweckt in denselben eine Veränderung, die Symbioten entwickeln sich in ihnen. Ist aber deren Entwicklung einmal entfacht, muß ihr Lebenslauf durch den ganzen Organismus sich abspielen. Einstweilen wissen wir nur, wie sehr diese Zustände auch unser Zentralnervensystem beeinflussen, wenn wir Hunger oder Sättigung empfinden.

2. Nerven und Fermente.

Von den beiden in dem vorigen Kapitel erwähnten Vorgängen der Resorption und der Sekretion steht der letztere unter dem Einfluß der Nerven. Von dem ersteren wissen wir darüber nichts, wir halten es nach dem, was wir über die physikalische Natur des Vorgangs wissen, vom physiologischen Standpunkt aus auch nicht für notwendig, daß ein solcher Einfluß stattfindet. Von unserem Standpunkt aus, den wir im vorigen Kapitel gewonnen, aber sagen wir: von der Schwankung, die durch die Nahrungsaufnahme im Organismus hervorgerufen wird, braucht, bloß die Einleitung durch die Nerven veranlaßt zu sein. Die Rückkehr in den ursprünglichen Zustand wird sich dann so vollziehen, daß die Einleitung als Ursache für das folgende dient. Von dieser Einleitung habe ich nun

versucht, in dem Entwerfen der mikroskopischen Bilder in der histologischen Analyse zu sprechen. Ich habe da Gewicht darauf gelegt, daß die eigentümlich morphologischen Gebilde, die die Träger der Verdauungsfermente sein werden, die Zymogenkörner, nicht von den Zellen allein gebildet werden, sondern daß Nerven und Blutgefäße darauf einen Einfluß haben. Zahlreiche physiologische Experimente beweisen uns das. Zuerst machte man die Erfahrung, daß der Speichel, die am leichtesten zugängliche der fermentreichen Verdauungsflüssigkeiten, reflektorisch sezerniert wurde, d. h. auf einen Reiz von Empfindungsnerven hin, sei es Olfactorius, Opticus, Glossopharyngeus oder Trigemini, floß der Speichel aus der Drüse ab, ohne daß das Bewußtsein davon etwas erfuhr. Sodann kamen Claude Bernard¹⁾ und Ludwig.²⁾ Der erstere zeigte, wie die Gefäße der Drüse sich auf den Reiz eines Nerven hin erweiterten, und erklärte die vermehrte Sekretion aus der vergrößerten Zufuhr von Material, das die erweiterten Gefäße brächten. Ludwig aber zog nicht nur das Material, er zog auch die Kräfte in Betracht, welche bei der Sekretion zur Erscheinung kamen, und gelangte zu dem Schluß, der Nerv wirkt auf die Drüse selbst, er beeinflußt in ihr direkt die Sekretion. Beide waren einig über die Bahn, es war die Chorda tympani, die sie reizten. So mußte die reflektorische Erregung der Drüse sich vollziehen, indem die Erregung, die ein Empfindungsnerv dem Zentralnerven zuführt, in diesem auf den Ursprung des Nervus facialis überging. Von diesem heraus wurde sie durch die Chorda tympani der Drüse zugeleitet. Die Physiologie hat beide Entdeckungen ausgenutzt. Die vermehrte Zufuhr von Material durch die erweiterten Gefäße, wie die Steigerung der Kräfte durch den eigentümlichen Sekretionsvorgang waren ihr beide zur Erklärung notwendig. Die Entdeckung Claude Bernards bildet eines der glänzendsten Beispiele von der Wirkung vasomotorischer Nerven, die Entdeckung Ludwigs den ersten Nachweis einer neuen Funktion der Nerven, der sekretorischen.

In neuerer Zeit sind diese Befunde noch vervollständigt wor-

¹⁾ Claude Bernard, *Compt. rend.* 1858.

²⁾ C. Ludwig, *Zeitschr. f. rat. Med.* N. F. I. 1851.

den. Pawlow¹⁾ hat gezeigt, wie nicht bloß der Speichel, sondern weiter im Verdauungskanal die Verdauungsfermente überhaupt reflektorisch zur Sekretion angeregt werden. Ja das Ferment, welches sezerniert wird, richtet sich nach dem Reiz, der die Sekretion auslöst. So bewirkt eine bestimmte Speise die Sekretion gerade des Fermentes, welches geeignet ist, sie zu verdauen. Die Beherrschung der Sekretion durch die Nerven ist eine feststehende Tatsache.

Überlegen wir uns nun weiter, was sie eigentlich bedeutet. In der histologischen Analyse habe ich das Hauptgewicht darauf gelegt, zu zeigen, wie die Zellen, die Drüsen und Gewebe nicht isoliert sind. Wenn sie etwas bilden, was dem Organismus Dienste leistet, dann wirken sie zusammen; nicht eine Zellenart bildet den Apparat, sondern der ganze Organismus ist der Apparat. Zellen und Bahnen wirken zusammen, würden wir dann weiterhin sagen, und an der Hand der embryologischen Analyse würden wir das vervollständigen. Die Bahnen setzen eben die verschiedenen Teile des Organismus miteinander in Verbindung, es wirkt nicht bloß ein Teil, sondern das Ganze. Indessen das letzte Kapitel enthüllt uns noch eine neue Seite der Sache.

Resorption und Sekretion bedeuten zwei verschiedene Zustände ursprünglich gleichartiger Zellen. Gibt nun die Beherrschung der Sekretion durch Nerven einen gewissen Anschluß über den Zusammenhang der beiden Seiten? Klar ist, die Nerven setzen die Zellen in den veränderten Zustand. Bloß diejenigen Zellen, welche mit Nerven verbunden sind, können zur Sekretion fähig werden, können die Vorbereitungen, die Einrichtungen treffen zur Bildung des zu sezernierenden Materials. Klar ist anderseits, die Nerven bewirken die Anregung zur Sekretion durch Zuleitung von etwas, sei es einem Stoff oder einer Kraft, lassen wir das einstweilen dahingestellt. Die Veränderung in dem Zustand der Zellen wird durch diese Zuleitung bedingt. Wo kommt dieses Etwas her? Von der äußeren Körperoberfläche. Kräfte der Außenwelt, Reize nennen wir sie in diesem Falle, haben an den Zellen der Epidermis, seien es ungewandelte Sinneszellen, seien es gewöhn-

¹⁾ J. P. Pawlow, Beitr. z. Phys. d. Absonderungen. Arch. f. (A. u.) Phys. Suppl. 1893.

liche Epithelzellen, Veränderungen hervorgebracht. Und die Nerven bringen die Wirkungen dieser Veränderungen bis zu den Drüsen der inneren Körperoberfläche hin.

Nicht bloß von einer Oberfläche zur anderen ziehen diese Bahnen, das haben wir schon gelernt. Sie sind unterbrochen in der Primitivrinne, im Zentralnervensystem, und sie können endigen in Zellen, wenn diese eine Verschiedenheit darbieten gegenüber den Zellen, von denen sie entstehen. Diese Verschiedenheit ist aber hier eine doppelte, einmal bezüglich der Entstehung, dann bezüglich der Bahn selbst. Die Zellen der Drüsen entstehen ja von dem inneren Keimblatt, die der Nerven von dem äußeren Keimblatt. Das betrifft die Grundsubstanz. Sodann sind die Drüsen ja Ausstülpungen des Darmrohrs. Dieses entspricht der sagittalen Bahn, die Nerven dagegen der horizontalen. Das betrifft die Begrenzung. So haben die Nerven eine doppelte Verschiedenheit gegenüber den Drüsen und können wohl in ihnen endigen.

Was aber bringen sie, was die Drüsenzellen in einen so veränderten Zustand setzt? Etwas von den Zellen des äußeren Keimblatts. Wenn jener Prozeß in dem inneren Keimblatt, die in den Zellen desselben schlummernden Symbioten zur Entwicklung bringt, so muß auch im äußeren Keimblatt etwas Ähnliches stattfinden. Beide Arten von Vorgängen bedürfen einander, ergänzen einander. Sie bilden ja zusammen das Leben des Organismus. Die Nerven nun dienen dieser Ergänzung, sie verbinden die Symbioten an einem Orte mit denen an einem anderen. Diese Differenz zwischen beiden wird teilweise, wohl bemerkt nur teilweise, ausgeglichen, durch das, was die Nerven von dem äußeren zum inneren Keimblatt hinbringen. Man sieht, ein gewisses Gleichgewicht muß schon existieren zwischen den Symbioten in den beiden Keimblättern, sonst könnte nicht das Wenige, was die Nerven bringen, den Ausschlag geben zugunsten der einen Bildung. Man sieht dann auch den weiteren Verlauf. Die Zellen des inneren Keimblatts stoßen das aus, was sich unter dem Einfluß der Symbioten des äußeren in ihnen gebildet hat. Dasselbe aber nehmen sie später wieder auf, wenn sie in einen anderen Zustand übergegangen sind.

Noch unter einem anderen Gesichtspunkt müssen wir diesen Einfluß der Nerven beurteilen. In der histologischen Analyse habe ich die Einheit des Organismus betont, welche sich aus dem Zu-

sammenbringen der verschiedenen Gewebe bei den Funktionen ergibt. In dem vorigen Kapitel dieses Abschnittes habe ich zum Schlusse erwähnt, wie Hunger und Sättigung, die den beiden Zuständen der Zellen des inneren Keimblattes entsprechen, eigentlich Zustände des Gesamtorganismus sind, wie also das eine, das innere Keimblatt, den Gesamtorganismus durch das andere fortwährend beeinflussen muß. In diesem Kapitel haben wir gelernt, wie die Veränderungen, die im äußeren Keimblatt entstehen, erst hindurchgeleitet werden durch das Zentralnervensystem, bevor sie auf das innere Keimblatt wirken. Sie erzeugen da in den Ganglienzellen Veränderungen, die die Ursache sind, daß sie wieder herausgehen. Wir haben uns nun weiter klar gemacht, daß im äußeren Keimblatt ein Gleichgewicht existiert zwischen den verschiedenen Symbioten, die dasselbe zusammensetzen, und ebenso ein Gleichgewicht im inneren Keimblatt, daß aber die beiden Gleichgewichte nicht dieselben sind. Den Ausgleich zwischen den beiden Gleichgewichten bewirkt eben das Zentralnervensystem mit Hilfe des dritten Keimblattes, des mittleren, von dem wir seither nicht gesprochen. Jede Störung des Gleichgewichts im äußeren Keimblatt wird zunächst übertragen auf das Zentralnervensystem, und von ihm aus gehen jene Veränderungen des Gesamtorganismus des Individuums, die die Zustände im anderen Keimblatt begleiten.

3. Die Leber.

An dem doppelten Zustande des inneren Keimblattes, den ich eben schilderte, dem der Resorption und Sekretion, nimmt auch die Leber teil. Aber diese Verdoppelung hat einen etwas anderen Charakter, als wir ihn seither besprochen, denn die Leber verdankt sie nicht der Verbindung mit Nerven, sondern mit der Blutbahn. Zum erstenmal lernen wir bei ihr die Beziehung zu dem eigentümlichen Symbioten des mittleren Keimblattes kennen, das, wie wir im vorigen Kapitel sahen, dazu dient, das Gleichgewicht zu erhalten zwischen äußerem und innerem Keimblatt. Sehen wir nur einmal an, was wir darüber wissen. Mannigfach sind die Funktionen, die wir von der Leber kennen. Zuerst wissen wir, dieselbe dient als Magazin für die Stoffe, die bei der Nahrung auf-

genommen werden. Die Leber schwillt an während der Verdauung, ihre Zellen füllen sich mit den chemischen Stoffen, die als Grundlage der Ernährung dienen, Kohlenhydrate und Fette können wir direkt nachweisen, Eiweiß, das sich nicht leicht von den eigentümlichen Eiweißkörpern der Leber unterscheiden läßt, können wir erschließen. Das ist der Zustand der Resorption. Alsdann entleert sich die Leber wieder, die aufgespeicherten Stoffe schwinden wieder aus ihr, mehr oder weniger vollständig, zwischen den Mahlzeiten. Das ist der Zustand der Sekretion, aber einer inneren Sekretion, denn nicht nach außen, sondern an das Blut werden die Stoffe abgegeben. Nunmehr finden wir in der Leber Ende und Anfang des Blutfarbstoffs, und wahrscheinlich der Blutkörperchen überhaupt. Schon in der physiologisch-chemischen Analyse habe ich von der Galle gesprochen, welche die Produkte der Zerlegung derselben aus der Leber wegführt, das ist eine äußere, eine eigentliche Sekretion. Ich habe dort auch gesagt, daß bei dieser Zerlegung das Eisen sich اسپaltet, wie es, ebenso wie das Eiweiß des Hämoglobins, in der Leber zurückbleibt und vielleicht den Grund zu neuen Blutkörperchen legt. Bei Embryonen sehen wir diese in der Leber entstehen, und ebenso sehen wir bei Fröschen,¹⁾ wie die Leberinseln voll von Entwicklungsstufen der Blutkörperchen stecken.²⁾ Bei den Erwachsenen und den höheren Tieren aber erblicken wir solche Bilder nicht in der Leber, und wir erinnern uns, daß die Blutbildung ein komplizierter Vorgang ist, der sich nicht in einem Organ abspielt. Endlich haben wir in der Leber noch den Schauplatz gewisser Zerstörungen der Eiweißkörper, oder vielmehr der Bildung der Exkretionsstoffe, die aus den Eiweißkörpern entstehen. So wissen wir schon aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß der Harnstoff bei den Säugetieren und Amphibien, die Harnsäure bei den Vögeln und Reptilien in der Leber gebildet wird. Wir erinnern uns weiter der Vermutung, daß die beiden Vorgänge im Zusammenhang stehen, daß die Bildung des Nukleins ein Vorgänger der Bildung des Harnstoffs ist. Wir erinnern uns ferner daran, daß wir künstlich die Bildung des Harnstoffs, wie sie in der Leber stattfindet, durch elektrische

¹⁾ A. Leonard, Der Einfluß der Jahreszeit auf die Leberzellen. Arch. f. (An. u.) Phys. Suppl. 1887.

²⁾ J. Gaule, What is Life? Am. Journ. of Psych. 1902.

Wechselströme nachahmen können, und daß wir deshalb annehmen, auch in der Leber müßten Einrichtungen getroffen sein, wodurch an der gleichen Stelle bald eine Oxydation, bald eine Reduktion aufträte.

Besteht nun zwischen diesen verschiedenen Funktionen ein Zusammenhang, der sich aus der Struktur der Leberzellen ergibt? Betrachten wir zunächst die Einlagerung. Wir wissen da in bezug auf das Glykogen, daß die Leber sowohl das Vermögen hat, es aus Traubenzucker zu bilden, wie es in Traubenzucker wieder umzuwandeln. Beides geht auf fermentativem Wege vor sich, und wir erkennen darin zunächst den Wechsel der zwei Zustände, den wir schon in den vorigen Kapiteln besprochen. Zuerst wird der Traubenzucker resorbiert und durch ein Ferment besonderer Art, d. h. wie wir jetzt wissen, durch eine morphologische Einrichtung besonderer Art, das Glykogen gebildet. In einer anderen Periode, wenn sich das Bedürfnis, der Hunger danach wieder einstellt, wird durch eine morphologische Einrichtung anderer Art das Glykogen wieder zerstört. Auf die Natur dieser morphologischen Einrichtungen werden wir nun aufmerksam, wenn wir den zweiten Gegenstand der Aufspeicherung, das Fett betrachten.

Auch es ist nur vorübergehend in der Leber anwesend, wir nennen das die physiologische Infiltration. Es kommt und geht durch das Blut. Das ist auffallend. Die Wandungen der Blutgefäße sind sonst für Fett nicht durchlässig. In der Leber muß somit eine Ausnahme bestehen. Diese Ausnahme muß sich auf die arteriellen Kapillaren beziehen, denn wir wissen, daß durch diese das Fett in die Leber gebracht wird. Aus dem Darm nämlich geht das Fett in die Lymphgefäße über, bei seiner Aufnahme im Darm weigern sich die Blutgefäße (die Venen) es einzulassen. Die Lymphgefäße bringen es durch den Ductus thoracicus zur Vena anonyma oder jugularis communis hin, es gelangt in das Herz und geht durch die Aorta wieder hinaus, um in die Leber zu gelangen. Wir können es auf dem Wege beobachten, oft ist bei der Fettverdauung das Blutplasma milchig von der Fettemulsion, die der Ductus thoracicus in das Blut hineingießt, bis die Leber das Blut wieder gereinigt hat. Auf zwei verschiedenen Wegen also gelangen die aufzuspeichernden Stoffe in die Leber hinein, zu den Leberzellen hin, durch die venösen Kapillaren der Pfortader einerseits, durch die arteriellen

Kapillaren der Leberarterie andererseits. Diese beiden Kapillaren kommunizieren miteinander, aber vielleicht ist der Blutstrom doch nicht genau der gleiche, der beide durchströmt. Wenigstens trifft man auch in der Lage der Stoffe in den Leberzellen gewisse Verschiedenheiten. Das aber mag auch darin begründet sein, daß die Zelle selbst ja auch eine verschiedene Begrenzung hat, nach den verschiedenen Teilungsebenen, Eiweiß, Kohlenhydrate, Fett, wie wir im vorigen Abschnitt sahen. Hier aber haben wir eine Zelle, die sich dem einfachen Schema, das wir seither kennen gelernt, nicht fügt. Ihre Hüllen müssen nach zwei Seiten hin für Fett durchgängig sein, denn das Fett, das durch die Arterien hereinkam, muß durch die Venen wieder heraus.

Wir haben nun auch Zellen, die eine doppelte Zufuhr von Kapillaren haben, arterielle sowohl wie venöse. Auf dieser doppelten Beziehung zu den Blutgefäßen muß dann auch die zweite Rolle fußen, die die Leber in bezug auf das Blut spielt. Sie bildet den Blutfarbstoff, und sie zerstört ihn, haben wir gesehen. Nun aber macht uns das Verhalten des Fettes, von dem wir vorhin sprachen, auf etwas anderes aufmerksam. Wenn der Blutfarbstoff in die Leberzelle eingetreten ist, so fließen seine Spaltungsprodukte in die Galle ab nach den Gallenkapillaren. Es ist das auch eine hydrolytische, also fermentative Spaltung, wie wir in der physiologisch-chemischen Analyse gesehen haben. Nichts fließt in diesem Momente ab nach der vena centralis.

Die Hüllen der Leberzelle sind nun nach zwei Seiten durchlässig für den Blutfarbstoff. Für die Aufnahme sind sie es nach den venösen Kapillaren der Pfortader zu, denn nur bei geringer Sauerstoffspannung findet die Spaltung statt. Bei der Zerstörung findet die Abfuhr dagegen durch die Gallenkapillaren statt. Wenn der Blutfarbstoff gebildet wird, wenn neue Blutkörperchen entstehen, sind es dagegen nicht die Gallenkapillaren, welche ihn empfangen, sondern dann verläßt er die Leber durch die Vena centralis, um ins Herz zu eilen und im Kreislauf sich zu verbreiten.

Durch das Fett lernen wir, daß auch hier ein Wechsel in der Durchlässigkeit der Zell- und der Blutgefäßhüllen bestehen muß. Dort trat das Fett ein aus den arteriellen Kapillaren in einer Periode, in der es durch die Vena centralis nicht abfließen konnte und in einer anderen Periode ändert sich diese Durchlässigkeit.

Hier ist der Wechsel für den Eintritt durch die venösen Kapillaren der Pfortader. Wir irren wohl nicht, wenn wir diesen Wechsel auf die doppelte Beziehung der Leber zu den Blutgefäßen und den Wechsel des Blutstroms in ihr beziehen. Beide betrifft er, beide ändert er, sowohl die Leberzellen wie die Blutgefäße.

Es ist eine neue Erfahrung, die wir in bezug auf den Einfluß der Bahnen auf die Durchlässigkeit der Zellhüllen machen. Jetzt erinnern wir uns aber an das, was uns die embryologische Analyse über die Bildung der Zellhüllen und der Bahnen gelehrt hat. Beide stehen in inniger Wechselbeziehung, ändern sich die Bahnen, ändern sich auch die Zellhüllen. Wir vergleichen im Geiste das letzte Kapitel mit diesem. Dort lernten wir etwas über den Einfluß der Nerven auf die Zellen, es änderte sich unter demselben die Substanz, welche ihre Grundlage bildet. Hier lernen wir etwas über die Beziehung der Blutgefäße zu den Zellen. Es ändern sich unter ihrem Einfluß die Hüllen. Das läßt uns dann weiter denken an die letzte Funktion der Leber, von der wir sprachen, an die Bildung des Harnstoffs. Sie entspricht der Wirkung von Wechselströmen. Elektrische Ströme aber werden, so sahen wir in der physikalisch-chemischen Analyse, durch Osmose von Stoffen hervorgerufen. Ändert die Osmose ihre Richtung, so muß auch der Strom, der ihrer Wirkung entspricht, seine Richtung ändern. Die Osmose aber muß ihre Richtung ändern, wenn die Hülle sich ändert, durch die sie hindurchgeht. Und diesen Fall haben wir in der Leberzelle, so haben wir eben gesehen, wir haben in ihr ein Schwanken nicht bloß zwischen zwei Zuständen, sondern zwischen zwei Hüllen, die sie in derselben Richtung aufbaut.

4. Blutgefäße.

Wir wollen das, was wir über die Lehre vom Blut und seinem Kreislauf sagen wollen, verteilen auf 3 Kapitel: Blutgefäße, Blutbildung und Herz. Es handelt sich um die Ernährung des Körpers, d. h. um die Vorbildung der Bestandteile desselben in dem Blut, um die Hinführung derselben zu den einzelnen Teilen und die Wiederwegführung der Zersetzungsprodukte, die in diesen Teilen entstehen.

Betrachten wir zunächst einmal die Gefäße innerhalb deren das geschieht. Wir sehen sofort, daß wir es da mit etwas anderem zu tun haben, als mit den Zellen, die wir seithier betrachteten. Zwei Dinge fallen uns zunächst am meisten auf: 1. Der Inhalt der Gefäße ist flüssig. Man hat es also nicht zu tun mit einer festen anorganischen Grundlage, wie in den Epithelzellen. 2. Die Wand der Gefäße ist membranös. Sie verhält sich in ihrer dünnsten Erscheinung, z. B. in den Leberkapillaren wie die Zellmembran. Das erinnert an die Bildung der Bahnen innerhalb der Scheidewände, von der wir in der embryologischen Analyse sprachen und ferner daran, wie auch die Zellwände bei der Anlage dieser Bahnen gebildet werden. Auch hier im Blutgefäßsystem herrscht also ein Wechsel, wie wir ihn seither auf die Entwicklung verschiedener Symbioten bezogen. Und doch sind die Blutgefäße so anders als die Organe, die von den primitiven Keimblättern stammen. In ihnen müssen sich andere Symbioten finden, und doch muß deren Leben verknüpft sein mit dem aus jenen anderen. Betrachten wir zunächst seine Bahn, wie sie den Organismus durchzieht, so fällt uns der Zusammenhang aller Teile innerhalb des Organismus auf. Aus dem Herzen heraus erwachsen, sich fortwährend teilend, immer neue Zweige, bis in die feinste Verästelung übergehend. Das erinnert uns an das Mycelium eines Pilzes, wie er aus einer Spore hervorsproßt, und die einzelnen Röhren, aus denen das Gefäßsystem besteht, erinnern an die Hyphen dieses Mycelium. Wir wollen daher diesem Symbioten, der denselben zugrunde liegt, den Namen *Hyphoid* beilegen. Das erinnert uns daran, daß wir in ihm einen Gegensatz haben, gegen die Symbioten, die den Epithelzellen zugrunde liegen. Die Derivate dieser Epithelzellen vermitteln die Bewegung des Organismus, wir müssen daher annehmen, daß den Symbioten, die sie bilden, die Eigenschaft der Beweglichkeit zukomme, und wir wollen sie daher bezeichnen als *Zooide*. Um sie zu unterscheiden, spreche ich einstweilen von dem Zoid C, demjenigen, welches im Organismus den größeren Anteil an der Kalkgrundlage hat, und dem Zoid S für die Kieselsäuregrundlage.

Nun begegnen wir weiter einer Tatsache, welche uns davor warnt, die Parallele zwischen unserem Hyphoid und den Hyphen eines Pilzes allzuweit auszudehnen. Jenem Gefäßbaum, der aus dem Herzen hervorwächst, entspricht ein zweiter, der zum Herzen

hingelt. Es gibt Arterien und Venen, sagt die Physiologie, und die beiden stehen im Zusammenhang. Statt daß wir an den Spitzen des Gefäßbaumes der Arterien die Geschlechtsorgane des Pilzes sehen, welche immer neue Sporen bilden, und das Mycel weiter und weiter ausdehnen, statt dessen haben wir eine Umkehr, eine Rückkehr der Gefäße zum Herzen, wobei dieselben sich wieder vereinigen. Was bedeutet das? Schon sind wir vorbereitet, in den Teilen des Organismus zwei Zustände zu finden, die miteinander abwechseln und die sich einander entgegensetzen. Sollte das auch in dem Hyphoid der Fall sein? Beruht das Herausströmen des Blutes aus dem Herzen und sein Wiederhineinströmen auf einer solchen Abwechslung der Zustände?

Daß das Nervensystem, welches sich vereinigt, etwas anderes sein muß, als ein Hyphoid, das sich verzweigt, liegt auf der Hand. Aber was ist es? Wir haben bei Besprechung der Resorption und Sekretion gesehen, daß die Abwechslung der Zustände beruhe auf einer Störung des Gleichgewichts zwischen den Symbioten. Kommen dort die beiden Zooide in ihrem Verhältnis zueinander in Betracht, so könnte es hier das Gleichgewicht zwischen Hyphoid und Zooid sein.

Ein solches Gleichgewicht muß ja existieren. Wenn das Arteriensystem einem Hyphoid vergleichbar ist, und wenn wir die geschlechtliche Generation eines solchen ins Auge fassen, dann stehen auf der Spitze der Hyphen desselben anstatt Ascogon und Pollinodium die Epithelzellen. Und wiederum bilden die Epithelzellen die Wurzel des Venensystems, welches im Herzen gipfelt. Als was erscheinen sie da? Einmal entsprechen sie den Geschlechtsprodukten des Hyphoids, und gleichzeitig enthalten sie die Zooide, wie wir früher sahen.

Wäre demnach das Venensystem eine Bildung der Zooide? Wenn es dem arteriellen System so sehr gleicht, so muß es doch auch das Hyphoid als Grundlage haben. Eine Verbindung von Arterie und Vene schiebt sich zwischen die Epithelzellen und Blutgefäße, sie verhindert, daß die Epithelzelle als Geschlechtsprodukt des Hyphoids erscheint, und sie ist gleichzeitig die Ursache des umgekehrten Baumes, den die Venen darstellen. Dieses Etwas findet sich in den Kapillaren, es muß die Endothelzelle sein. Sie trennt die Epithelzellen von den Gefäßen, und sie muß gleichzeitig

eine Bildung der Zooide sein. Betrachten wir sie, so muß uns ihre Ähnlichkeit mit den Epithelzellen gleich auffallen, ihr Name sagt das ja auch schon. Sie beruht auf der Abgrenzung als Zelle und verrät dadurch ihre Beziehung zu den Zooiden, während das Hyphoid die Verbindung aller einzelnen Teile untereinander darstellt. Die Doppelnatur der Zelle in ihrer Stellung zu den Symbioten beginnt sich bemerkbar zu machen. Der sich ausbreitende Teil des Gefäßsystems, der arterielle, geht von dem Hyphoid, der sich zusammenschließende, venöse, von dem Zooid aus. Und doch trägt die arterielle Ausbreitung an ihrer Spitze die Epithelzelle, welche die Zooide als Symbioten hat, die Venen andererseits, die von den Zooiden ausgehen, gleichen den Arterien in ihrem Hyphoidcharakter. Das Blut, der Inhalt gehört abwechselnd dem einen und dem anderen Zustand an.

Warum aber, wird man fragen, haben wir Endothelien nicht bloß in den Venen, sondern auch in den Arterien? Ja, so gut wie die Venen eine Fortsetzung der Arterien sind, so gut sind die Arterien eine der Venen. Jene Wandung, die das Blut einschließt, ist eine ununterbrochene. Wenn nun die Endothelien die Produkte der Zooide sind, die an diese Wand abgegeben werden, was stellt den Anteil des Hyphoids dar? Ja die Kittsubstanz, in die die Endothelien eingebettet sind, wie uns die mit Silbernitrat erzeugten Linien zeigen. Die Kittsubstanz wächst als Hyphoid aus dem Herzen heraus, den Epithelien entgegen. Wo die beiden zusammenstoßen wird von den Zooiden die Endothelzelle in diese Wand hineingefügt, und damit die Rückkehr zum Herzen angebahnt. In bezug auf die Kittsubstanz ist das Herz die Spore, aus der dies Hyphoid herauswächst, in bezug auf die Endothelzelle ist es das bewegliche Organ, welches das rückkehrende Blut wieder heraufstreibt. Welchem Zooiden sollen wir nun die Endothelzellen zuschreiben? Die Rolle, die sie dem Kalk gegenüber spielen, klärt uns da auf. Sie nehmen den Kalk aus dem Blut beständig weg und verhindern dadurch die Gerinnung, sagt uns die Physiologie. Sie nehmen den Kalk auf und verkalken dabei, das ist die Arteriosklerose, lehrt uns die Pathologie.

Diese Beziehung zum Kalk verrät uns, daß sie dem Zooid Ca ihre Entstehung verdanken. Zwischen ihm und dem Hyphoid schwankt also das Gleichgewicht, dem die zwei Strömungsrichtungen

im Blut, also sein Kreislauf, die Entstehung verdankt. Da wir schon wissen, daß das Zooid Ca im inneren Keimblatt bei der Resorption die Oberhand hat, und da auf dieser Resorption die Füllung des Blutes mit Stoffen, die durch den Kreislauf im Körper verteilt werden sollen, beruht, so wundert uns nicht, daß auf diesem Verhältnis der Kreislauf beruht. Wir finden es weiter sehr erklärlich, daß die Endothelzellen fortwährend den Kalk aus der Blutflüssigkeit wegnehmen. Denn die Stoffe, die das Blut verteilen sollen, sind ja durch das innere Keimblatt und die Leber hindurchgegangen, sie sind Bestandteile des Zooids Ca geworden, und sie müssen dessen Grundsubstanz wieder los werden, wenn sie nicht gerinnen sollen.

5. Blutbildung.

Man muß hier unterscheiden die Bildung des flüssigen Blutes und des geforniten Blutes, der Blutkörperchen. Das flüssige Blut das Blutplasma stellt die erste Übergangsstufe zwischen den Bestandteilen der Nahrung und denen des Organismus dar. Noch sind die ersteren gelöst, noch haben sie keine morphologische Struktur. Derjenige Bestandteil, welcher eine solche annehmen kann, wenn das Blut gerinnt, das Fibrinogen, stammt wahrscheinlich aus der Leber. Man hat wenigstens gesehen, daß wenn der Kreislauf die Leber überspringt, wenn die Pfortader direkt mit der Lebervene verbunden wird unter Umgehung der Leber, das Blut seine Gerinnungsfähigkeit einbüßt, und man deutet dies auf ein Verschwinden des Fibrinogens.¹⁾

Aus den Bestandteilen der Nahrung, die die Pfortader der Leber zuführte, hat dieselbe das Fibrinogen gebildet. Nachher ist dieser Stoff des Zooids in das Hyphoid übergegangen, dort lebt er eine Doppelexistenz. Flüssig, so lange er ein echter Hyphoidbestandteil ist, wird er fest, sobald der Kalk durch das Fibrinferment in eine andere Bindung übergeführt wird, d. h. sobald er wieder zu einem Zooidstoff geformt wird.

¹⁾ P. Nolf, Des modifications de la coagulation du sang du chien après l'exstirp. du foie. Arch. intern. de Physiol. III.

Sehen wir uns nun das geformte Blut, die Blutkörperchen an. Es sind die ersten morphologischen Strukturen, die der Organismus bildet aus den aufgenommenen Nahrungsbestandteilen, und er bildet sie fortwährend. Denn auch diese Blutkörperchen haben ihr fortwährendes Entstehen und Vergehen. Die zwei Zustände, die das vorige Kapitel für das ganze Blut konstatierte, gelten auch für sie. Sie sind nicht dieselben, wenn sie aus dem Herzen heraus in die Arterien strömen, oder wenn sie in den Venen zum Herzen zurückkehren. Dort gehören sie dem Hyphoid an, hier dagegen sind sie Teile des Zooids.

Wie können sie beides gleichzeitig sein? Ja sie müssen eben immer wieder umgeformt werden durch Entstehen und Vergehen. Schon in den Betrachtungen der ersten Abteilung habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß wir bei dem Frosche ein zwölfmaliges Aufblühen des Blutes während des Jahres haben, und in der physiologisch-chemischen Analyse bin ich darauf zurückgekommen, wie die Bestimmungen der Menge von Galle, die wir in 24 Stunden produzieren, uns zeigt, daß in 50 Tagen oder weniger die Gesamtmenge des Blutfarbstoffes zerlegt werden könne. Ist das nun nicht ein Widerspruch? Schon eine einzige Rückkehr zum Herzen soll ja schon den Charakter der Blutkörperchen ändern, seine Umbildung herbeiführen? Aber die Leber arbeitet ganz kontinuierlich, gleichmäßig. Bei jeder Durchströmung wird sie eine Anzahl der Blutkörperchen zerstören, und deren Summe erst macht, angesichts der ungeheuren Zahl von Blutkörperchen in einer meßbaren Zeit den meßbaren Unterschied.

Die Leber nun bildet auch, haben wir im dritten Kapitel gesehen, den Blutfarbstoff. Das Eisen, das bei der Spaltung desselben in Hämatoporphyrin übrig blieb, wird bei der Neubildung wieder aufgenommen. Aber nur das Hämatoporphyrin resp. das Hämatin bildet die Leber wieder, von den anderen Bestandteilen, von den ganzen Körperchen wissen wir das nicht. Zwei andere Organe, die Milz und das Knochenmark, streiten mit der Leber um diese Funktion. Am wahrscheinlichsten ist es, daß diesen drei Organen die Funktion gemeinschaftlich zukommt, denn in allen dreien sehen wir Zellen, die darauf hindeuten, daß sie Bildungsstadien von Blutkörperchen enthalten. In der Milz sind Zellen vorhanden,

die in der Mitte stehen zwischen amöboiden Zellen und Endothelien, die ich deshalb endotheloide Zellen nennen will. Diese enthalten in Lücken, die sich in ihrem Protoplasma finden als Einschlüsse Gebilde, die durch ihre Färbung verraten, daß sie dem Leibe der Blutkörperchen entsprechen.¹⁾ Nun ist das Blutkörperchen ein kompliziertes Gebilde, und man kann sich allenfalls denken, daß drei verschiedene Organe an seinem Bau mit arbeiten. Aber wie kann es kommen, daß man in allen ähnliche Bilder findet, sie können doch nicht alle dasselbe machen. Dazu kommt noch eins. Alle Befunde sprechen dafür, daß die Blutkörperchen sich durch Teilung vermehren, durch Kernteilung, und daß sie zu diesem Zwecke Kerne bekommen. Ich selbst habe, wie schon früher bemerkt, diese Kerne in den Blutkörperchen bei der Vermehrung gesehen, welche dieselben bei beträchtlicher Erhebung über den Meeresspiegel erfahren,²⁾ oft sind sie bei Embryonen gesehen worden, oft bei Krankheiten.³⁾ Diese Kerne verschwinden wieder, und Tschistowitsch und W. Piwowarow⁴⁾ haben beobachtet, wie sie aus den Blutkörperchen wieder herauskriechen. Die Myeloplaques im Knochenmark, jene Riesenzellen mit vielen Kernen erscheinen so recht als Reservoir, um die Kerne aufzubewahren, bis sie von den Blutkörperchen wieder gebraucht werden.

Wenn nun bei einer Vermehrung die neuen Zellen durch Teilung der alten entstehen, warum nicht auch bei der regelmäßigen Blutbildung, die doch auch nichts ist wie eine Vermehrung? Was haben dann Milz, Leber und Knochenmark mit der Bildung zu tun, das letztere abgesehen von jener Aufbewahrung der Kerne? Und diese letztere, was ist sie selbst für ein Vorgang im Sinne unserer Auffassung? Das eine, die Bildung von Material für den Bau der Blutkörperchen stört das andere, die Vermehrung durch Teilung nicht. Denn ohne daß neues Material gebildet wird, können die geteilten Blutkörperchen ja doch nicht zur alten Größe heranwachsen, sie müßten sich sonst ja fortwährend verkleinern. Der

¹⁾ A. Gaule, *Methods of Staining and Fixing the Elements of the Blood*. Am. Naturalist 1887.

²⁾ J. Gaule, *Die Blutbildung im Luftballon*. Pfl. Arch. 89, 1902.

³⁾ Jünger, *Deutsch. Arch. f. klin. Med.* 67.

⁴⁾ N. Tschistowitsch u. W. Piwowarow, *Die Morphologie des Kaninchenblutes usw.* A. f. mikr. A. 57.

eine Vorgang schließt also den anderen nicht aus. Betrachten wir zunächst die Teilung. Wir haben gesehen, daß ein Übergehen in den Zustand eines Teils des Zooids Ca, wie es bei dem Rückströmen in den Venen stattfindet, das Zugrundegehen der Blutkörperchen herbeiführt. Dadurch wird aber das Gleichgewicht zwischen dem Zooid Ca und dem Zooid S gestört, auf welchem, wie wir früher sahen, das Gesamtgleichgewicht des Organismus beruht. Dieses muß also wieder hergestellt werden, und das geschieht durch eine Wiedervermehrung der Blutkörperchen.

Hierzu eignet sich der Vorgang der Teilung, von dem wir schon in der embryologischen Analyse sprachen, eingeleitet durch den Kern, der auf der Stütze des Tricalciumphosphates ruht, das also auch vorwiegend dem Zooid Ca angehört. So lang das Blutkörperchen dem Zooid Ca angehört, also in den Venen, bei geringem Sauerstoffdruck, ist es zugänglich für dieses Calciumphosphat. Bei hohem Sauerstoffdruck in den Arterien, als Teil des Hyphoids, ist es unzugänglich für das Calciumphosphat oder stößt dasselbe aus. Daher sehen wir ein, wie auch die Meereshöhe, die verknüpft ist mit einer Abnahme des Sauerstoffdrucks, das Erscheinen der Kerne und die Vermehrung der Blutkörperchen bewirkt. Es ist auch leicht verständlich, weshalb gerade das Knochenmark zur Wartzelle für diese Kerne wird, da ja der Knochen das größte Magazin für Tricalciumphosphat ist. Fassen wir dann die Materialbildung für die Blutkörperchen in den drei Organen Milz, Leber, Knochenmark ins Auge. Wir müssen uns erinnern, daß wir die eisenhaltige Grundlage entdeckt haben in den Zellen des inneren wie äußeren Keimblattes, in den Plasmosomen. Wir erinnern uns weiter, daß diese Plasmosomen oder Zentrosomen, wie wir damals auch sagten, bei der ersten Teilung die Grundlage lieferten für die Bahn, welche inneres und äußeres Keimblatt trennt. In ihr entsteht die Blutbahn. Im weiteren Verlauf des Lebens dient uns dies als Anhalt, um uns zu merken, die Bildung und Zerstörung der Blutkörperchen kann sich doch nicht ganz innerhalb der Gefäße vollziehen. Drei Quellen und drei Endziele haben wir für das Material der Blutkörperchen. Erstens das, was innerhalb der Blutbahn verbleibt und von einer Generation auf die andere übertragen wird, zweitens und drittens die Plasmosomen des inneren und äußeren Keimblatts. Das letztere geht hinein und hinaus aus den Gefäßen. Nun haben

wir bereits in dem Kapitel über die Leber gelernt, daß die Durchlässigkeit der Gefäß- und Zellenwand nicht gleich ist beim Hinein- und Hinausgehen. Wenn der Blutfarbstoff mit dem venösen Blut der Pfortader ankam, floß er bei geringem Sauerstoffdruck in die Gallengänge ab, wenn er gebildet wurde bei hohem Druck floß er ab in die Vena centralis.

Nun haben die Milz wie das Knochenmark wandungslose Blutgefäße. Das Hindernis für das Hinaustreten eisenhaltigen Materials in die Blutbahn aus den Plasmosomen ist hier weggenommen. Warum tritt dasselbe hinzu in den endotheloiden Zellen? Ja die Epithelzellen bedürfen eines Vermittlers für den Transport ihres Plasmosomenmaterials an das Blut. Dieser Vermittler muß beweglich, also amöboid, und dabei bereit sein, in eine Endothelzelle überzugehen, wenn er sein Material an ein Blutkörperchen abgeliefert hat.

Warum aber zwei Orte, Milz und Knochenmark, wo dies geschieht? Ja weil wir zwei Arten von Plasmosomen haben, im inneren wie äußeren Keimblatt. In jedem Plasmosoma sind auf der eisenhaltigen Grundlage die Anteile der beiden Zooide etwas verschieden verteilt, und die verschiedenen Zooide bedingen einen verschiedenen Eintritt in das Hyphoid. Sind nun diese Aufnahmen und Abgaben zwischen Hyphoid und Zooid häufig? Gewiß, denn fortwährend wird ja das Gleichgewicht zwischen den Zooiden gestört, und fortwährend wird dasselbe vermittelt des Hyphoids wieder hergestellt, wie ich schon sagte. Jede solche Ausgleichung aber bedingt eine solche Aufnahme oder Abgabe zwischen Plasmosomen und Blutkörperchen.

6. Herz und Blutbewegung.

Durch die Arterien und Venen werden Körperchen und Plasma fortwährend hindurchgetrieben. Immer gehen sie, wie wir gesehen haben, ausgehend von dem Hyphoid hinaus, immer kehren sie ausgehend von dem Zooid zurück. Die Quelle dieser Bewegungen liegt im Herzen, aber nicht ganz ohne Einfluß darauf sind auch die Arterien mit ihrer Elastizität und ihrer Muskulatur. Diese Muskeln sind glatte, während das Herz quergestreifte Muskeln

besitzt. Aber diese letzteren unterscheiden sich von den Muskeln des Skeletts wesentlich dadurch, daß sie verzweigt untereinander zusammenhängen, daß sie kein Sarkolemm haben, daß jedes Element nur einen Kern besitzt. Sie gleichen in letzterer Beziehung den glatten Muskeln, und man spricht von ihnen als den Muskelzellen, im Gegensatz zu den Muskelfasern des Skelettes, die viele Kerne enthalten. Sie sind unwillkürlich. Zwar verbindet sie mit dem Gehirn ein markhaltiger Nerv, der nervus vagus, aber der regt das Herz nicht zur Kontraktion an, er hemmt es nur, verursacht die Erweiterung, in letzter Linie den Stillstand des Herzens.

Der Einfluß der Nerven auf die Tätigkeit des Herzens ist überhaupt ein Rätsel. Es mangelt dem Herz nicht an Nerven, der Vagus und der Sympathikus verbinden es mit den betreffenden Zentren. Es enthält in seinen eigenen Wandungen noch drei besondere Ganglien, die nach ihren Entdeckern als Remak'sche, Ludwig'sche, Bidder'sche bezeichnet werden. Aber isoliert von den Nerven, entblößt von den Ganglien schlägt die Herzspitze noch, kontrahieren sich sogar einzelne Streifen der Herzwand, die nur aus Muskulatur bestehen.

Es haben sich daher zwei Ansichten gebildet, die sich als myogene¹⁾ und neurogene²⁾ unterscheiden, von denen die eine die Ursache der Herzkontraktion in die Muskeln, die andere in die Nerven verlegt. Die letzteren erklären jenes Schlagen ohne Nerven, von dem ich eben berichtete, als Ausnahme, oder sie nehmen an, daß es neben den mikroskopisch als solche erkennbaren noch andere bis jetzt unbekannte Elemente im Herzen gebe,³⁾ welchen die Eigenschaften von Nerven zukomme. Wie dem nun auch sei, jedenfalls verdankt das Herz die Fähigkeit, sein Blut in die Adern zu entleeren, seinen Muskeln, und jedenfalls ist seine Tätigkeit eine rhythmische, es folgen Verengung und Erweiterung des Herzens, Zusammenziehung und Erschlaffung seiner Muskeln, Systole und Diastole ununterbrochen aufeinander.

Was sollen wir im Sinne unserer Auffassung davon halten?

¹⁾ Th. W. Engelmann, Über die physiol. Grundvermögen d. Herzmuskelsubstanz usw. Arch. f. (A. u.) Phys. 1903.

²⁾ K. Kaiser, Untersuchungen über die Rhythmicität der Herzbewegungen. Zeitschr. f. Biologie XXXII.

³⁾ S. v. Basch, Herzrhythmik u. Herzrhythmie. Pfl. Arch. 101, 1904.

Offenbar ist nach derselben auch das Herz in einem doppelten Zustand. Wenn es das Blut in die Arterien entleert, dann ist es der Anfang des Hyphoids, die Spore, aus der dasselbe entspringt. Wenn dagegen das Blut zum Herzen zurückkehrt, so ist es der Zusammenflußort der Zooide, nennen wir es einstweilen einmal das Plasmodium, um einen bildlichen Ausdruck zu haben. Verengung und Erweiterung, Systole und Diastole stellen uns diese beiden Zustände dar. Nun erscheint der Muskel, welcher diese Veränderung bewirkt, als eine eigentümliche Kombination der glatten und der quergestreiften Muskeln. Er ist selbst quergestreift, das hat er mit den Skelettmuskeln gemein. Er ist einzellig, hat kein Sarkolemm, hängt mit anderen zusammen, das macht ihn den glatten Muskeln ähnlich. Eine eigentümliche Kittsubstanz verbindet die einzelnen Elemente gerade wie bei den glatten Muskeln. Nur die Art der Verzweigung ist ihm ganz eigentümlich.

Nun besitzen die Arterien eine tunica media, in der glatte Muskelfasern eingelagert sind, bei den größten Venen dagegen wurden in der tunica adventitia Muskeln gefunden.¹⁾ Wäre dann der Herzmuskel eine Kombination der Muskeln von Arterien und Venen, jene dem Hyphoid, diese dem Zoid entsprechend. Glatte Muskeln unterliegen der Einwirkung des Sympathikus, quergestreifte der markhaltigen Cerebrospinalnerven. Auch im Herzen haben wir beide. Jener bewirkt die Kontraktion, wenn er gereizt wird, den Übergang in das Hyphoid, die Entleerungen in die Arterien, dieser der Vagus die Dilatation, den Übergang in das Zoid, die Füllung durch die Venen.

Aber sollen die quergestreiften Muskeln eine Dilatation bewirken können, wenn sie tätig werden oder ist es die Zusammenordnung des glatten und quergestreiften Anteils? Der negative Druck im Herzen, den Goltz und ich²⁾ im Beginn der Diastole gefunden haben, läßt sich auch in dieser Weise deuten. Der Herzmuskel geht in den Zustand der Ruhe über, glatter wie quergestreifter Anteil erschlaffen. Hier stößt uns das erste Beispiel einer kombinierten Tätigkeit der beiden Zooide in derselben Zelle auf.

¹⁾ E. Succard. *Observ. nouv. sur la structure du tronc de la veine porte.* *Trav. d. Lab. d. Hist. d. C. d. Fr. L. Ranvier* 1901.

²⁾ Goltz u. Gaule. *Über die Druckverhältnisse im Innern d. Herzens.* *Pfl. Arch.* 17.

Beide arbeiten zusammen und doch überwiegt in einem Moment der Anteil den einen im nächsten der des andern Zooids. Denn der Anteil des Zooids Ca ist jener der glatten, der Ringmuskeln. Ihre Kontraktion bedeutet Verengung und sie dauert länger als bei den quergestreiften. Die Arbeit des Zooids S dagegen kann erst beginnen, wenn sie zu Ende ist. Das kann durch die Wirkung des Zooids S auf das Zooid Ca herbeigeführt werden. Dieses ist der Moment der Erweiterung. Das Herz ist ein Beutel, seine Muskeln sind in eigentümlichen Schleifen, die von der Basis der Ventrikel und Vorhöfe, dem Annulus fibrosus ausgehen, angeordnet. Im Ventrikel umkreisen diese Schleifen die Spitze; sie sind die Ursache, weshalb die Spitze bei jedem Herzschlag in eigentümlicher Weise gedreht und gehoben wird und an die Brustwand anstößt. Der eigentliche Sinn dieser sonst so rätselhaften Anordnung mag wohl der sein, daß hierdurch die Lageveränderung in der Herzmuskelzelle ermöglicht wird, wodurch zuerst im Beginn der Diastole Wirkung des Zooids Ca zu Ende kommt, dann aber, sobald eine gewisse Füllung erreicht ist, die des Zooids S beginnt. Nehmen wir an, wie wir seither schon getan, dem glatten Muskelanteil liegt wesentlich zugrunde das Zooid Ca, dem quergestreiften das Zooid S, so haben wir hier eine Aufeinanderfolge der Tätigkeit dieser beiden, ein Vorgang, von der Kontraktion des einen nach dem anderen, herbeigeführt durch die Lageveränderung.

Aber diese Lageveränderung ist nur wirksam, weil die beiden in einer Zelle kombiniert sind, und weil sich in der Zelle noch etwas findet, was auf sie beide wirkt. Was ist das? Im Alter oder nach angestrenzter Tätigkeit des Herzens finden wir die sogenannte braune Induration in demselben. Dieselbe verrät sich nur mikroskopisch durch die Anwesenheit brauner Pigmentkörnchen um den Kern herum in dem Sarkoplasma gelagert. Die physiologische Chemie läßt uns nicht zweifeln, daß wir es hier mit Derivaten des Hämoglobins zu tun haben, und wieder führt uns der Befund dazu, anzunehmen, daß das Hämoglobin eine Rolle in diesen Zellen gespielt haben muß.

Welche Rolle? Ja wir können nach unserer Auffassung den Übergang der Tätigkeit von einem Zooid zum anderen nicht isolieren von der vom Zooid zum Hyphoid, die wir bereits besprochen.

Ausgehend von dem Zooid Ca kommt das Blut zum Herzen zurück, begleitet von den Längsmuskeln, die wir auf der Grundlage des Zooids S aufgebaut erkannten. Ausgehend von dem Hyphoid verläßt das Blut das Herz wieder, nachdem Zooid S und Zooid Ca tätig geworden. Es wird dann im Körper wieder umgewandelt. Was geschieht dann im Körper mit ihm? Es wird reduziert, es verliert seinen Sauerstoff. Und damit wird in den Blutkörperchen der Zooidanteil wieder mächtig.

Wieder aber drängt sich das Hämoglobin dazwischen, wenn das Zooid S in das Zooid Ca übergeht. Diesmal muß es in entgegengesetztem Sinne geschehen, denn das Herz geht ja dabei aus dem erweiterten in den verengerten Zustand über. Aber nicht das ganze Hämoglobin wird hier oxydiert, sondern das in den Muskelzellen des Herzens befindliche oder dorthinein eindringende. So wird es uns verständlich, wie Locke¹⁾ die Kontraktionen des Herzens hervorruft, indem er mit Sauerstoff gesättigte Flüssigkeit durch dasselbe hindurchströmen läßt. So wird uns auch die große Empfindlichkeit des Herzens gegenüber der Alkaleszenz, der dasselbe durchströmenden Flüssigkeit verständlich, welche ich seinerzeit konstatierte.²⁾ Die Reduktion des Blutes im Organismus entspricht nicht bloß einem Weggehen des Sauerstoffs, sondern auch einer Aufnahme von Säure. Die Säuren, die wir da antreffen, sind ja Oxydationsprodukte des Kohlenstoffes, Resultate der Arbeitsleistung. In letzter Instanz verursacht die Arbeit des Herzens selbst eine solche Säurebildung. Sie muß weggenommen werden, wenn im Blut wieder der Hyphoidzustand maßgebend werden und das Herz schlagen soll. So stellt sich das Hyphoid zwischen Zooid S und Zooid Ca und wieder zwischen Zooid Ca und Zooid S, und die abwechselnde Oxydation und Reduktion des Hämoglobins hilft ihm dabei. Aber auch Salze sind zu diesem Übergang notwendig, denn er beruht auf Osmose. Ringer³⁾ hat konstatiert, daß außer Na- auch K- und Ca-Salze dabei gebraucht werden. Wenn ich meine Resultate mit NaCl-

¹⁾ F. S. Locke, *Demonstrat. v. d. Phys. Kongr. i. Turin. Zentralbl. f. Phys.* XV, 1901.

²⁾ J. Gaule, *Die Leistungen des entbl. Froschherzens. Arch. für (A. u.) Phys.* 1878.

³⁾ S. Ringer, *The influence of Carb. Acid. Diss. i. Sal. Sol. etc. J. of Phys.* XIV, 1893.

Lösung allein erhielt, so mag dabei der Umstand mitgewirkt haben, daß jene Herzen die geringen Mengen von Ca- und K-Salzen, die sie brauchten, bereits enthielten. Nicht alle aber sind gleichbegünstigt.

7. Bewegung.

Was ist es nun eigentlich, was die Kraft entwickelt, die das Blut aus dem Herzen heraustreibt, wird man sich im vorigen Kapitel gefragt haben. Es ist eine Formveränderung des Muskels, und was man darüber weiß, will ich hier im Zusammenhang für alle Muskeln crörtern. Zunächst handelt es sich dabei nicht um eine wirkliche Kontraktion. Der Muskel ändert wohl seine Form, nicht aber sein Volum. Das hat Ewald¹⁾ endgültig festgestellt. Es kann sich dabei nur darum handeln, daß innerhalb des Muskels etwas seinen Ort ändert, nicht aber darum, daß etwas aus dem Muskel heraus oder in ihn hineingeht. Der Muskel wird kürzer und dicker, so lehrt uns der Augenschein während seiner Tätigkeit. Was er an Querschnitt gewinnt, verliert er an Länge, schließen wir, das Produkt beider muß sich gleich bleiben. Nun ist uns das sehr wichtig, weil wir aus den Untersuchungen Engelmanns²⁾ wissen, daß es sich bei der Tätigkeit um eine Quellung handelt. Diese Untersuchungen beziehen sich auf den quergestreiften Insektenmuskel, nach allem aber, was wir sonst wissen, sind die grundlegenden Vorgänge bei allen anderen, auch den glatten, Muskeln dieselben. An dem so sorgfältig bearbeiteten Insektenmuskel aber können wir dasjenige sehen, was bei den anderen so klein ist, daß es uns entgeht. Die Einheit des Insektenmuskels bildet das Muskelprisma, auch Muskelkästchen genannt, begrenzt nach allen Seiten, durch eine Art Kittsubstanz. Nach den Seiten trennen sich die Fibrillen leicht voneinander, oben und unten begrenzen die Zwischenscheiben, die an die Oberfläche tretend, dieselbe leicht einschnüren, das Muskelprisma. In demselben liegen nun zweierlei Arten von Substanzen, die sich durch ihre Brechbarkeit, ihre Färb-

¹⁾ J. R. Ewald, Ändert sich das Volum d. Muskels b. d. Kontr? Pfl. Arch. 41, 1887.

²⁾ Engelmann, Über den Ursprung d. Muskelkraft. Leipzig 1893.

barkeit und ihr Verhalten zum polarisierten Licht unterscheiden. Man spricht daher von der dunklen, der stark lichtbrechenden oder anisotropen Substanz, im Gegensatz zu der hellen, schwachlichtbrechenden oder isotropen. Brücke¹⁾ hat wahrscheinlich gemacht, daß die erstere aus festen Körpern, die er Disdiaklasten nannte, die letztere aus einer Flüssigkeit bestehe. Der Gegensatz der beiden Substanzen verursacht die Querstreifung, denn in den nebeneinandergelegten Fibrillen der Muskelfaser finden sich anisotrope wie isotrope Substanzen, in gleicher Höhe in den Nachbarn. Engelmann²⁾ beobachtete nun solche Muskelprismen unter dem Mikroskop während der Tätigkeit, da gewisse Insektenmuskeln ein langes Überleben zeigen. Das erste, was zu beobachten war, betraf die Formveränderung des ganzen Prismas. Diese entsprach der des ganzen Muskels, so daß die letztere erscheint als die Summe dessen, was sich in unzähligen einzelnen Prismen vollzieht. Deutlicher aber wurde, als man das einzelne Prisma ins Auge faßte, daß sich seine Form der Kugelgestalt nähert, wenn es in die Tätigkeit übergeht. Die zweite Beobachtung betraf das Verhältnis der beiden Substanzen in dem Prisma. Die Querstreifung geht verloren. Beide Substanzen erlangen die gleiche Lichtbrechung, und wenn die Differenz in derselben vorher darauf beruhte, daß die eine fest, die andere flüssig war, so müssen nun Flüssigkeit und Festigkeit im Prisma gleichmäßig verteilt sein. Engelmann schloß darauf wohl mit Recht, daß bei der Tätigkeit die Flüssigkeit in die vorher festen Körper eindringe, daß dabei die letzteren ihr Volum ändern und nunmehr, nachdem sie die Flüssigkeit aufgenommen, das ganze Volum des Muskelprismas erfüllen. Wir nennen einen solchen Vorgang eine Quellung, und wir verstehen, wie bei demselben eine Formänderung, eine Annäherung an die Kugelgestalt entsteht und eine Kraft entwickelt wird. Was uns zuerst fremdartig erscheint, ist, daß ein solcher Vorgang, dessen Langsamkeit wir aus der Erfahrung kennen, der rasch sich vollziehenden Kontraktion der quergestreiften Muskeln zugrunde liegen solle. Engelmann schob diese Schnelligkeit auf die Kleinheit der Wege, welche

¹⁾ Brücke, Untersuchungen ü. d. Bau d. Muskelfasern mit Hilfe d. polar. Lichtes. Denkschr. d. W. Akad. XV, 1858.

²⁾ Th. W. Engelmann, Über d. Ursprung d. Muskelkraft. Leipzig 1893.

die Flüssigkeitsmoleküle zurückzulegen haben. Eben die Ordnung zwischen anisotroper und isotroper Substanz, welche die Querstreifung herbeiführt, bedingt ja die Benachbarung der quellenden und der eindringenden Moleküle. Sodann zeigte er, wie auch eine sonst langsam verlaufende Quellung sich rasch vollziehe, wenn durch die Wärme die Flüssigkeitsmoleküle beschleunigt werden. Er tauchte eine Darmsaite in Wasser und wand einen dünnen Platindraht spiralförmig um dieselbe. Wenn er dann einen elektrischen Strom durch den Draht schickte, so verkürzte sich die Saite und hob ein Gewicht fast wie ein gereizter Muskel. Der Strom erwärmte eben den Draht, weil dieser dünn war, die Wärme teilte sich der Flüssigkeit mit, deren Moleküle wurden entsprechend beschleunigt und brachten die Saite rasch zum Quellen, indem sie in dieselbe eindrangen.

Warum nun aber quillt die anisotrope Substanz nicht in der isotropen in der Ruhe, warum nur nach der Reizung? Um das zu begreifen müssen wir uns bekannt machen mit den Resultaten, welche Bernstein,¹⁾ Brünings²⁾ und Höber³⁾ an den Muskeln erhielten, und auf die ich in der physikalisch-chemischen Analyse schon etwas einging. Wir sahen da bereits, wie der verletzte Muskel einen elektrischen Strom erzeugt, indem sein Querschnitt sich negativ verhält gegen seinen Längsschnitt. Ferner wurden wir damit bekannt, daß dieser elektrische Strom beruhe auf einem Hindernis, welches der unversehrte Längsschnitt den Kationen für das Durchtreten bereite, während sie am verletzten Querschnitt ebenso wie die Anionen hinein- und hinaustreten können. Hermann⁴⁾ hat nun schon darauf aufmerksam gemacht, daß dieser Strom des verletzten Muskels eine Beziehung zu dem bei der Tätigkeit auftretenden Aktionsstrom habe, weil eine tätige Stelle sich ebenso verhalte wie eine verletzte Stelle. In dem tätigen Muskel ist also auch die Durchlässigkeit der Membranen im Muskel geändert gegenüber den Kationen. Diesen Schluß haben Bernstein und Brünings gezogen und Höber hat

¹⁾ Bernstein, *Unters. z. Thermodyn. d. bioelektr. Ströme*. Pfl. Arch. 92, 1902.

²⁾ Brünings, *Beitr. z. Elektrophysiol.* Pfl. Arch. 100, 1903.

³⁾ Höber, K., *Über d. Einfluß d. Salz. a. d. Ruhestrom*. Pfl. Arch. 106, 1905.

⁴⁾ L. Hermann, *Handbuch d. Physiologie I.*

ihn erweitert, indem er zeigte, wie die Salze den elektrischen Strom des Muskels in derselben Reihenfolge verändern, wie sie das kolloide Eiweiß ausfällen, d. h. seine Durchlässigkeit für Ionen beeinflussen. Engelmanns Untersuchungen zeigen die Membran, deren Durchlässigkeit verändert wird, sobald der Muskel in Tätigkeit tritt, ist diejenige, welche die anisotrope Substanz von der isotropen trennt. Sobald sie durchlässig geworden ist, eilt die Flüssigkeit hindurch und die Quellung beginnt.

Was hat nun das mit unseren Vorstellungen zu tun? Erstens der Nerv ist es, welcher den Muskel reizt. Der Nerv ist aber eine Bahn welche entsteht mit den Membranen bei der Teilung, und er wirkt auf Membranen. Das, was er dem Muskel zuleitet, verändert die dort vorhandenen Membranen, die innersten, denn bis zu diesen dringt der Nerv hin. Der Muskel ist nun keine gewöhnliche Zelle, von der wir gelernt hatten, daß sie drei verschiedene Grundsubstanzen hat, und sich durch drei verschiedene Membranen nach außen abschließt.

Was hat den Muskel verändert? Schon die Embryologie belehrt uns, wie die Epithelzellen der Ursegmente zu den Muskelblättern, dann zu den Muskelkästchen auswachsen, welche letzteren die Muskelfibrillen enthalten. Dabei findet eine Umlagerung der Grundsubstanzen statt. Was in den Epithelzellen zu äußerst lag, liegt jetzt zu innerst, und umgekehrt. Dieser Verlagerung der Grundsubstanzen entspricht aber nicht ganz die der organischen Substanzen, und nur durch die sich ausbildenden Hüllen, die um jede Grundsubstanz sich schlingen, werden die organischen Substanzen abgehalten, sich wieder zur Grundsubstanz hinzubegeben, die ihnen ursprünglich zukommt. Jetzt kommt der Nerv und macht diese Hülle plötzlich durchgängig, sofort strömt die organische Substanz hinüber und ihr folgt die Flüssigkeit. Man muß indessen das Strömen der organischen Substanz sich nicht einseitig vorstellen, so gut wie die der isotropen in die anisotrope hineinströmt, so gut strömt auch die der anisotropen heraus, und darauf beruht die Umkehrung der Querstreifung, welche Engelmann¹⁾ im zweiten Stadium der Verkürzung beobachtete.

Wieso nun macht der Nerv diese Hüllmembranen durchgängig?

¹⁾ Th. W. Engelmann. Pfl. Arch VII u. XI, 1873, 1875.

Das kann jetzt noch nicht ganz verstanden werden. Einstweilen mache ich nur darauf aufmerksam, wie der Nerv sich im Zusammenhang mit jener Umbildung der Ursegmente entwickelt, und wie die Bahnen nach unserer Kenntnis von der embryonalen Analyse her eine entscheidende Rolle für die Bildung der Hüllmembranen spielen. Der Nerv macht aber nicht bloß die Membran zwischen anisotroper und isotroper Substanz durchgängig, sondern auch die zwischen Muskelfibrillen und der Lymphe, die sich innerhalb des Sarkolemm befndet. Drei Dinge machen uns das deutlich.

Erstens die Erscheinungen der elektrischen Ströme würden uns sonst nicht verständlich. Die Potentialdifferenzen treten ja nicht innerhalb der Muskelkästchen auf, sonst könnten wir sie nicht wahrnehmen. Sie erscheinen zwischen der Muskelsubstanz und der dieselbe umgebenden Flüssigkeit, im Leben der Lymphe.

Zweitens der Nerv hat zwei Teile, den Achsenzylinder und die Markscheide. Der erstere dringt in die Faser ein, geht hin bis zu den Muskelkästchen, die letztere bleibt außen am Sarkolemm und bildet die Nervenendplatte. Sie muß das Verhältnis des Eintritts von Stoffen aus dem Blut in den Muskel, also das Durchdringen von Lymphe bis zu den zu verbrauchenden Substanzen beherrschen.

Drittens der Muskel verbleibt ja nicht im Zustand der Tätigkeit, er kehrt zur Ruhe zurück. Jene Verteilung der organischen Substanzen auf der Grundsubstanz, die während der Reizung eingetreten war, muß der ursprünglichen wieder Platz machen, und die beide trennenden Hüllen müssen sich wieder schließen. Damit das geschehen kann, muß etwas in den Muskel hinein und etwas aus ihm heraustreten. Was hineintritt, muß das ersetzen, was bei der Kontraktion verbraucht, was austritt, das, was bei der Kontraktion gebildet wurde.

Wir können empirisch wie theoretisch etwas von dem ableiten, was das sein wird. Theoretisch wissen wir, daß der Kraftleistung eine gewisse Oxydation entsprechen wird, und empirisch erfahren wir, daß der Muskel bei der Tätigkeit kohlenstoffhaltige Säuren bildet, welche aus ihm entfernt werden.

Wie bei dem Herzen drängt sich auch hier das Blut ein, das Hyphoid in den Stoffwechsel der Zooide. Im ersten Stadium gibt es den Sauerstoff ab, der zur Oxydation dient, im zweiten

Stadium hilft es die Säuren abspalten, wie es zur Rückkehr in den Ruhestand notwendig ist, und nimmt diese auf.

Das kohlenstoffhaltige, nicht das stickstoffhaltige Material liefert die Grundlage für die Kraftentwicklung bei der Muskel-tätigkeit, so wissen wir seit Fick und Wislicenus.¹⁾ Wir sahen denn auch Kohlensäure und Milchsäure auftreten, Glykogen verschwinden bei der Tätigkeit. Wenn es sich aber um eine Ortsänderung der organischen Stoffe, um eine Durchgängigmachung von Membranen handelt, so können Eiweißkörper und Nukleine nach allem, was wir wissen, nicht unverändert bleiben. Wir sahen dann auch im Zersetzungsprodukt das Kreatin auftreten, nicht in einer Menge, die der Kraftentwicklung entspricht, denn deren Quelle liegt wo anders, aber in einer Beziehung zur Formveränderung.

Die beiden entsprechen einander nicht, wie die Variation der absoluten Kraft und der Arbeitsleistung bei männlichen und weiblichen Muskeln ergibt. Die Abweichung des Kreatins und Kreatinins von dem Harnstoff erstaunt uns nicht, wenn wir an die Abhängigkeit dieser Bildung von den morphologischen Einrichtungen denken, von der wir schon bei der Leber sprachen. Endlich kommen die organischen Stoffe für alle osmotischen Erscheinungen in Betracht. Das Kation K ist es wahrscheinlich, welches die Muskelsubstanz bei der Tätigkeit verläßt und dadurch die elektrischen Erscheinungen verursacht, das Kation Ca dagegen kommt für die Veränderungen innerhalb der Muskelkästchen in Betracht, und seine Wichtigkeit wird durch die Versuche von Loeb²⁾ illustriert.

8. Atmung.

Die Atmung hat als Aufgabe, dem Organismus den Sauerstoff zuzuführen, den er für den Verlauf der chemischen Umsetzungen braucht. Sie entnimmt diesen Sauerstoff der umgebenden Atmosphäre und bedient sich als Hilfsmittel der Atembewegungen und der eigentümlichen Verwandtschaft, welche das Hämoglobin zu dem Sauerstoff besitzt.

¹⁾ Fick u. Wislicenus, Vierteljschr. d. Naturf.-Ges., Zürich 1865.

²⁾ J. Loeb, On an Apparently New Form of Muscular Irritability etc. Am. Journ. of Phys. V, 1901.

Durch die Atembewegungen wird in rhythmischer Folge der Thorax erweitert und verengt. Bei der Erweiterung entsteht in dem Thorax ein negativer Druck entsprechend dem Mariotteschen Gesetz, und die umgebende Atmosphäre strömt in diesen Raum, der unter geringerem Druck steht als sie, hinein. Die Wandungen des Raumes, in den die Luft gerät, die Lunge, sind durchzogen von Blutgefäßen, in denen das Blut strömt.

Durch die Gefäßwandungen, durch das dünne Gewebe der Lunge hindurch bahnen sich die gasförmigen Moleküle nach den uns bekannten Gesetzen der Gastheorie ihren Weg. Es gehen die Moleküle des Sauerstoffs und Stickstoffs aus der Luft in das Blut hinein, die der Kohlensäure dagegen in umgekehrter Richtung heraus. Beide folgen den Gesetzen der Konzentration, und bald würde sich auf beiden Seiten ein Gleichgewicht hergestellt haben, wenn nicht gewisse Umstände eine Änderung bedingten. Den Stickstoff betreffen dieselben nicht, und hier stellt sich das Gleichgewicht in der Tat her. Wenn das Blut so viel Stickstoff aufgenommen hat, wie es absorbieren kann unter atmosphärischem Druck, so gehen ebensoviel Moleküle Stickstoff aus dem Blut zur Lungenluft, wie den umgekehrten Weg. Die Atemzüge ändern hieran nichts, denn durch sie wird die Lungenluft ersetzt durch atmosphärische Luft von dem gleichen Stickstoffgehalt. Das Strömen des Blutes ändert hieran nichts, denn wenn das Blut durch den Körper hindurchströmt, kommt es überall mit Geweben in Berührung, die sich mit ihm in bezug auf den Stickstoff ins Gleichgewicht gesetzt haben. Eine Änderung findet nur statt, wenn eine Atmosphäre geatmet wird, die komprimiert ist, ein Fall, von dem ich aber hier nicht spreche.

Anders ist es nun mit Sauerstoff und Kohlensäure. Für den Sauerstoff kommt zunächst in Betracht die eigentümliche Verwandtschaft des Hämoglobins zu dem Sauerstoff, welche bewirkt, daß das Blut viel größere Mengen von Sauerstoff aufnehmen kann, als seiner Absorptionsfähigkeit entspricht, viel größere als von Stickstoff. Diese Bindung des Sauerstoffs durch das Hämoglobin ist aber keine feste. Wenn das mit Sauerstoff beladene Hämoglobin, das Oxyhämoglobin, durch die sauerstoffarmen oder -leeren Gewebe des Körpers strömt, so gibt es seinen Sauerstoff wieder her. Diese Gewebe aber sind sauerstoff-

leer, weil in ihnen der Sauerstoff verwendet wird zur Oxydation von Kohlenstoff und Wasserstoff. Kohlensäure wird so fortwährend in ihnen gebildet, mit ihr belädt sich das Blut, indem es zur Lunge zurückkehrt, und dort findet die eben erwähnte Wanderung der Kohlensäuremoleküle aus dem Blut in die Lungenluft statt. Entzug von Sauerstoff, Bereicherung an Kohlensäure verändert dieselbe bald so sehr, daß sich der Austausch von Gasen zwischen ihr und dem Blute nicht mehr rasch genug vollziehen kann.

Eine Expiration, der alsbald eine neue Inspiration folgt, macht dem alten Zustand ein Ende und stellt den Anfangszustand wieder her. Expiration wie Inspiration beruhen auf Muskelbewegungen und diese sind abhängig von einer kleinen Stelle in der medulla oblongata. An dieser kleinen Stelle wird der Vorgang, welcher einen so großen Teil des Organismus in Tätigkeit versetzt, ausgelöst. An dieser kleinen Stelle vollzieht sich zwischen Blut und Nerven ein eigentümlicher Vorgang, von dem wir gleich sprechen werden.

Zunächst aber beschäftigt uns noch eine andere Erklärung. Sie betrifft die unmittelbare Notwendigkeit der Erhaltung der Atembewegungen für die Erhaltung des Lebens. Von dem gasförmigen Sauerstoff kann seines großen Volumens halber keine nennenswerte Quantität im Organismus aufgespeichert werden. Immer muß daher der Weg zu der Quelle in der umgebenden Atmosphäre offen stehen, fortwährend wird er benützt.

Wenden wir uns nun dem Vorgang in dem Atemzentrum zu, der zur Innervation der Atembewegungen führt. Aus den Blutgefäßen in der formatio reticularis der medulla oblongata dringen die Sauerstoffmoleküle hervor, diffundieren durch die Gewebe und erreichen die Ganglienzellen des Atemzentrums. Ist der Strom ein reichlicher, so beruhigt er diese Zellen. Ist der Strom aber schwach, und das wird er sein, wenn die Spannung des Sauerstoffs im Blute eine geringe ist, dann werden die Ganglienzellen erregt, sie senden diese Erregung durch das mit ihnen in Verbindung stehende Respirationsbündel in das Rückenmark, zu den Kernen der vorderen Wurzeln der Atemnerven.

Die Erregung dieser und die Auslösung einer Inspiration ist die Folge. Zu einer solchen Erregung kommt es jedesmal, wenn

die Menge der Sauerstoffmoleküle in der Lunge eine geringe geworden ist und das Blut bei seinem Durchströmen nicht mehr genug davon bekommt, um eine hohe Sauerstoffspannung zu erlangen. Ungefähr umgekehrt wie mit dem Sauerstoff ist es mit der Kohlensäure. Beschränken wir uns darauf, den ersteren zu betrachten. Der Vorgang ist im Grunde typisch für das, was sich zwischen dem Blute und den Zellen der Gewebe im ganzen Körper abspielt. Nur ist der Aufbau des Organismus in der Weise erfolgt, daß an dieser einen Stelle gerade diejenigen Zellen sich befinden, welche am allerempfindlichsten gegen den Sauerstoffmangel und den Kohlensäureüberschuß sind. Diese Zellen aber sind mit den Verbindungen ausgerüstet, welche ihnen gestatten, ihre Erregung auf diejenigen Muskeln zu übertragen, deren Tätigkeit dieser Erregung abhelfen kann. Das ist Sache der Zentralisation.

Im Grunde ist der Vorgang ein doppelter. Zunächst handelt es sich um die Abgabe des Sauerstoffs aus dem Blute. Schon in dem Kapitel über das Blut wies ich darauf hin, daß in dem Hämoglobin gebunden sei das Eisen, das Sauerstoff aufnehmen oder abgeben kann, bald zwei-, bald dreiwertig auftretend. Es wird aber das eine oder das andere tun, je nachdem es teilnimmt an einem Lebensprozeß, der oxydiert oder der reduziert. Das Hämoglobin bindet den Sauerstoff nur locker, weil es, auf der Übergangsstufe dieser beiden Prozesse stehend, nicht dazu kommt, denselben in eine feste Bindung überzuführen, bevor es ihn wieder hergeben muß.

Ich habe gesprochen von der Unrast des Lebens, die uns deutlich zu werden beginnt, sobald wir uns mit diesem Wettstreit beschäftigen. Weit weg sind wir in unseren Betrachtungen gelangt von der ursprünglichen einfachen Auffassung, daß die lebenden Wesen den Flammen gleichen, welche die Nahrung oxydieren, und daß daraus ihre Kräfte sich ableiten. Und doch können wir die Vorgänge bei der Atmung nicht ins Auge fassen, ohne von der mächtigen Rolle, welche der Sauerstoff im Leben spielt, einen überwältigenden Begriff zu bekommen.

Osmotische Kräfte sind es, welche nach unserer Auffassung die Lebensvorgänge hervorrufen, welche Rolle spielt ihnen gegenüber der Sauerstoffverbrauch, das Sauerstoffbedürfnis? Gibt darüber die Lehre von der Atmung einen Aufschluß? Ich glaube, ja. Immer wie-

der habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie die Osmose abhängig sei, von dem Aufbau der Membranen, durch die sie stattfindet, und weiter von dem Konzentrationsverhältnis der Stoffe auf beiden Seiten der Membran. Als Ursache dafür, daß dieses Konzentrationsverhältnis sich nicht ausgleicht, daß immer ein Strom durch die Membran hindurchgeht, haben wir die kosmischen Kräfte angesehen. Diese würden aber die Stoffe nicht angreifen, wenn nicht etwas da wäre, was die Zersetzung auslöste. Die Zersetzung würde eine gleichförmige sein im ganzen Organismus, wenn nicht die Auslösung in den verschiedenen Teilen eine verschiedene wäre.

Diese Auslösung wird bewirkt durch die Symbioten, welche die Grundsubstanz um die Hüllen der Zellen aufbauen, welche aus dem Keim heraus allmählich ihre Lebensformen entwickeln. Wie sie dazu den Sauerstoff brauchen, haben wir in den letzten Kapiteln begonnen zu sehen. Die ganze Unrast des Lebens beruht auf diesem Verhältnis der Symbioten. Das Zooid Ca sucht dem Zooid S auf eine eigentümliche Weise die Stoffe zu entziehen, und umgekehrt. Wenn dies gelingt, geht das betreffende Zooid selbst wieder in ein Lebensstadium über, indem es der Entziehung der Stoffe durch das andere Zooid zum Opfer fällt. Zwischen beiden steht das Hyphoid, mit seiner arteriellen Seite zwischen Zooid Ca und Zooid S, mit seiner venösen zwischen Zooid S und Zooid Ca. Der Sauerstoff, den es aufnimmt und wieder losläßt, der es aus dem einen in den anderen Zustand überführt, entfacht den Widerstreit immer aufs neue. So sehen wir in der Lehre von der Atmung, wie das Blut an die Ganglienzellen des Atemzentrums pocht und von hier aus eine Bewegung der Atemmuskeln anregt. Es ist das sauerstoffarme Blut, das Blut, welches zwischen Zooid S und Zooid Ca steht. Die Bewegung erfolgt, das Blut erhält seinen Sauerstoff, aber es muß wieder zum Herzen, zum Zooid S, um aufs neue zum Atemzentrum zu gehen und dasselbe zu beruhigen. So vollendet sich der Kreislauf, den wir zwischen den drei Grundsubstanzen und den drei Bahnen in der embryologischen Analyse kennen gelernt haben, wenn die Symbioten sich entwickeln und ihre Lebenseigenschaften entfalten.

Was aber tun die Nerven hierbei? Schon in der embryonalen Analyse, in dem Kapitel über die Primitivrinne habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie das Blut einwirkt zwischen den sensiblen

und motorischen Bahnen auf das, was von den einen an die andern übergeht. Hier fehlt der eine Teil, die zentripetal einlaufende Erregung. Das Blut wirkt daher nicht auf sie und ordnet sie um, es kommt nur der Teil seiner Wirkung zur Geltung, der sich auf die auslaufende Erregung bezieht, und so leitet sich die Abhängigkeit der Atembewegungen von dem Gasgehalt des Blutes her.

9. Innere Sekretion.

Wenn das nun aber so einfach ist, wie die Lehre von der Atmung es darstellt, wenn es sich bloß darum handelt, daß die Zooide einander die Stoffe entziehen, und daß das Hyphoid immer wieder den Ausgleich bewirkt, was sollen dann all die vielen Drüsen, die in den Organismus eingeschaltet sind? Die Rolle derjenigen, welche etwas sezernieren, kann man allenfalls noch begreifen, sie bereiten die Stoffe vor für jenen inneren Wechsel, aber was sollen diejenigen Drüsen, welche die Stoffe, die sie bilden, in den Stoffwechsel hineinwerfen müssen, der sich im Innern abspielt, wie wir eben sagten. Es sind die Drüsen, welche die sogenannte innere Sekretion besorgen, Drüsen ohne Ausführungsgang, die keine andere Kommunikation mit anderen Organen haben, als durch das Blut oder die Nerven.

Lange Zeit hat man in der Tat nicht gewußt, was diese Drüsen eigentlich tun. Allmählich hat man von einigen gelernt, daß sie bestimmte Stoffe bilden, und daß diese Stoffe im Organismus eine Rolle spielen. Die Frage erhebt sich, wie ist das möglich? und weiter, was hat es für einen Zweck? Sehen wir uns einige Beispiele der inneren Sekretion an. Da ist zunächst die Nebenniere, welche das Adrenalin bildet. Die Nebenniere enthält Zellen von epithelialelem Charakter. Nun haben wir früher gesehen, daß wir in den Epithelzellen dreierlei Grundsubstanz haben und ebenso verschiedene organische Substanzen. Ich will das nicht alles wiederholen. Wir haben dann weiter gesehen, wie diese Gebilde Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße bilden können, und zwar als ihre Hülle und als Begrenzung der Bahnen. Findet in den Bahnen ein Strom statt, so werden diese Stoffe auch von dem Strom fortgeführt werden. Nun gehört zu den Gruppen, die im Eiweiß enthalten sind,

auch das Tyrosin, die Paraoxyphenylamidopropionsäure, diese wird also auch von den Epithelzellen gebildet.

Nun ist das Adrenalin $C_9H_{13}NO_3$ wahrscheinlich ein Derivat des Brenzkatechins. Es enthält also eine Orthostellung der Seitenketten zu dem aromatischen Kern, und es müssen sich demnach die Bedingungen verschoben haben, welche zur Bildung dieser Atomgruppen führten. Bei der Leber aber haben wir schon gesehen, unter welchen Bedingungen sich die Lage der Atomgruppen ändert, in den Stoffen, welche eine Drüse bildet. Je nach der Beziehung zu den Blutgefäßen entstand dort Glykogen aus Traubenzucker oder Traubenzucker aus Glykogen.

Die Nebenniere enthält, wie uns das Mikroskop angibt, Rinden- und Marksubstanz. In der Rindensubstanz allein unterscheidet man wieder drei Zonen, die Zona glomerulosa, fascicularis und reticularis. In jeder ist die Lage der Zellen zu den Blutgefäßen eine andere. Kein Wunder, daß die Bildung einer komplizierten Substanz eintritt. Zuerst wurde das Material zu derselben aus den Blutgefäßen gewonnen, fertig aber geht sie durch Osmose wieder in diese über. Diese Substanz hat, in den Kreislauf gelangt, verschiedene Wirkungen, sie erhöht den Blutdruck, sie verengt die Gefäße, sie beeinflußt die Zuckerausscheidung. Das erste mag sich aus dem zweiten ableiten, vielleicht auch das dritte. Jedenfalls muß in dem Kampf der beiden Zooiden gegeneinander, der die Unrast des Lebens bedingt, es von der höchsten Wichtigkeit sein, welche Zufuhr das eine oder andere Zooid durch das Hyphoid erhält, das aber hängt ab von der Weite der Gefäße. Es ist daher nicht wunderbar, daß sich ein Organ ausbildet, indem das eine Zooid derart die Oberhand gewinnt, daß es die Zufuhr in seinem Sinne beeinflußt.

Und wie wirkt dann der so gebildete Stoff auf das Hyphoid? Ja wir müssen uns erinnern, daß das Hyphoid sich aufbaute aus den Stoffen, die beide Zooiden ausschieden bei dem Vorgang der Teilung. Es herrscht in ihm eine Art Gleichgewicht zwischen diesen Stoffen, und dieses Gleichgewicht beruht auf deren chemischer Konstitution. Wenn ein Stoff geliefert wird, der z. B. die Seitenketten in der Ortho- statt der Parastellung enthält, der wohl auch mit anderen Seitenketten versehen ist, als dem ursprünglichen Aufbau entsprechen, dann wird dieses Gleichgewicht gestört.

Die Notwendigkeit, durch solche innere Änderungen den fort-

während von der Außenwelt her drohenden Störungen zu begegnen, leuchtet noch mehr ein, wenn wir ein anderes Beispiel der inneren Sekretion, die Schilddrüse betrachten. Bekanntlich entdeckte man zuerst, daß die Schilddrüse auch einen solchen Stoff bilden mußte, als man bemerkte, daß Organismen, denen man die ganze Schilddrüse weggenommen hatte, an eigentümlichen Erscheinungen des Nervensystems erkrankten und teilweise zugrunde gingen. Es waren zuerst Menschen, denen man die Kröpfe extirpiert hatte, dann Tiere, die man der Untersuchung halber operiert hatte, welche dieses Bild darboten.¹⁾ Dabei fand man, daß es ein jodhaltiger Körper sei, welcher von der Schilddrüse bereitet würde, den man zuerst Thyreoiodin, dann Jodothyrin nannte.²⁾ Durch medikamentöse Darreichung dieses Körpers kann man die anderen Krankheitsercheinungen, namentlich die des Nervensystems, wieder heilen, so machte man den Schluß, daß im gesunden Körper die Schilddrüse diesen Stoff produziert und an andere Organe, namentlich an das Zentralnervensystem abgibt. Bemerkenswert ist dabei das Verhältnis des Kretinismus zu den Erkrankungen der Schilddrüse und die Erfolge, welche z. B. Osler³⁾ erzielt hat durch Darreichung solcher Jodothyrinpräparate bei kretinenartig zurückgebliebenen Kindern in bezug auf Wachstum des Gehirns und Entwicklung der geistigen Fähigkeiten, erscheinen geradezu wunderbar.

Die organische jodhaltige Substanz bildet die Schilddrüse wohl aus dem Jod, das in der Nahrung enthalten ist. Der Erfolg, welchen man, solange die Schilddrüse teilweise oder ganz gesund ist, mit der Darreichung von Jodkali erzielen kann, zeigt, daß die Schilddrüse die Fähigkeit besitzen muß, das Jod aus der anorganischen Bindung in die organische überzuführen. Welches diese organische Bindung ist, wissen wir nicht. Zuerst glaubte man an der Hand von Baumanns⁴⁾ Untersuchungen, daß es im Eiweiß enthalten sei, und Oswald⁵⁾ isolierte aus der Schilddrüse ein jod-

¹⁾ E. v. Cyon, *Les glandes regulatrices de la circul. et de la nutrit.* Rev. gen. des sciences 12, 1901.

²⁾ Roos, E., *Über Schilddrüsentherapie u. Jodothyrin.* Freiburg 1896.

³⁾ Osler, W., *Internal Secretions etc.* Transact. of the Congr. of Am. Phys. u. Surg. 1897.

⁴⁾ Baumann, *Über d. normalen Vork. v. Jod im Tierkörper.* Zeitschr. f. phys. Chemie 21.

⁵⁾ Oswald, A., *Die Schilddrüse u. ihr wirks. Prinzip.* Biochem. Zentrbl. I, 1903.

haltiges Thyreoglobulin. Wie dem aber auch sei, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das Jod dabei den Wasserstoff vertritt. Die einzige jodhaltige, organische Substanz, die im lebenden Wesen angetroffen, seither ihrer Konstitution nach erkannt wurde, ist die von Drechsel¹⁾ aus dem Gorgonin isolierte Aminojodbuttersäure $C_4H_8NJO_2$ gewöhnlich Jodgorgosäure genannt. In ähnlicher Bindung wird auch das Jod im Jodothyrin resp. Thyreoglobulin enthalten sein. Nun ist nach den neueren Untersuchungen das Kolloid, d. h. das Sekret, welches in den geschlossenen Follikeln oder Acini der Schilddrüse drinsteckt, jodhaltig. Man muß demnach annehmen, daß die Zellen der Schilddrüse zuerst aus dem Blute das Jod, welches hier in Gestalt eines Salzes vorhanden sein mag, aufnehmen, daß sie es in die organische Bindung überführen und ausscheiden. Ausgeschieden wird es, da es sonst ja nicht abfließen kann, von dem Blute wieder resorbiert, zu anderen Organen, namentlich zum Zentralnervensystem hingebacht. Da wird es dann übergeführt in einen Teil der Substanz, die den Aufbau besorgt. Es ist wichtig hier für den Kampf der Zooide und des Hyphoids, weil es gewisse Umsetzungen leichter besorgt, als diejenigen Verbindungen, die nur den Wasserstoff enthalten. Gerade für die Veränderungen, die im höchsten Teil des Zentralnervensystems verlaufen, und die nur des Minimums von Anstoß bedürfen, scheint die Leichtigkeit, mit der das organisch gebundene Jod seinen Platz wechselt, unentbehrlich zu sein.

10. Reizbarkeit und Nervenleitung.

So hat uns denn die fortschreitende Analyse bis zu dem Punkte gebracht, wo wir die Anstöße der Außenwelt zu berücksichtigen haben. Inwiefern ist der Organismus reizbar? Wie kann jener Kampf der Zooide und des Hyphoids, auf dem das Leben beruht, von außen her beeinflußt werden? Es bedarf eben für diesen Kampf noch etwas mehr als das, wovon ich seither allein gesprochen habe, nämlich dem Einfluß des Hyphoids. Ich habe absichtlich die

¹⁾ Drechsel, E., Beiträge z. Chem. einiger Seetiere. Zeitschr. f. Biologie 33, 1891.

Nerven seither unberücksichtigt gelassen. Wir haben von den organischen Substanzen gesprochen, die das Hyphoid führt, von der Art, wie die Zooide um dieselben streiten, von der Entscheidung, die der Sauerstoff in diesem Streit herbeiführt, indem er mit der Oxydation das Objekt des Streites aus dem einen Lager in das andere überführt.

Wir haben aber nicht gesprochen von den Grundsubstanzen, auf welche diese organischen Stoffe sich ausbreiten, und deren Beeinflussung ist Sache der Nerven. Ja werden denn die Grundsubstanzen durch die Nerven transportiert, wird man fragen. Für gewöhnlich nicht. Aber wir haben bereits in der embryologischen Analyse gelernt, wie beeinflusbar die Grundsubstanzen durch den Phosphor und den Schwefel sind. Der Phosphor stört als Phosphorsäure das Gleichgewicht des Tricalciumphosphats, das die Grundlage der Kerne bildet, der Schwefel in einer uns noch nicht näher bekannten, jedenfalls aber reduzierten Verbindung, die Kieselsäure die Grundlage des Protoplasmas. Diese beiden Elemente stecken nun in den beiden Typen des Nervensystems, dem Sympathikus und den Cerebrospinalnerven. Wir sahen im Anfang der embryologischen Analyse, wie diese Elemente immer neue Zellteilungen verursachten, indem sie von einer Zelle zu anderen gehend, die Grundsubstanz veränderten. Wir sahen, wie nach jeder Teilung sich die Zelle wieder schloß durch die Bildung der Scheidewände, und wie in den so entstehenden Bahnen die das Gleichgewicht störenden Substanzen weiter wanderten. Nicht beide Substanzen in den gleichen Bahnen, denn die eine der Scheidewände wurde in ihrer Bildung eingeleitet von dem Kern, die andere von dem Protoplasma. Wie sie senkrecht zueinander entstanden, so auch bildeten sich senkrecht zueinander die beiden Typen der Nerven aus.

Das sahen wir in der embryologischen Analyse. Jetzt haben wir erkannt, wie die Zellen, die bei der Teilung entstehen, ihre Verschiedenheit dem Verhältnis der Zooide verdanken. Das Hyphoid macht sich in den Bahnen zwischen ihnen breit. Eine Richtung ist eingenommen von dem Blut, dem eigentlich typischen Hyphoid. In dem Streit zwischen den Zooiden um die Substanzen, die es führt, entscheidet es durch den Sauerstoff, den es bald an die eine, bald an die andere abgibt. Daneben aber wachsen in den

beiden anderen Bahnen die Nerven. Sie beeinflussen die Zooide selbst durch die Wirkung auf deren Grundsubstanz. Sie modifizieren deren Kampf, entsprechend den Berichten, die sie von den Oberflächen zutragen.

Dabei kommt es nun zu einer neuen Komplikation. Nicht direkt von der Oberfläche ziehen die Nerven zu den Zooiden hin, die sie beeinflussen. Jeder Nerv hat eine zentripetale und eine zentrifugale Bahn. Aller Bericht erfolgt zunächst an das Zentrum, und in dem Zentrum verbinden sich die beiden Typen von Nerven wieder miteinander. Das ist die Erscheinung der Zentralisation.

Was hat sie für eine Beziehung zum Kampf der Zooide? Es tritt uns da die rätselhafte Erscheinung wieder entgegen, von der ich schon in der ersten Abteilung sprach, der Organismus ist gleichzeitig ein Einfaches und ein Vielfaches. Die Lebenserscheinung, die sich in der einzelnen Zelle abspielt, muß sich auch im ganzen Organismus abspielen. Der Kampf der Zooide muß also im großen und im kleinen gleichzeitig vorhanden sein, zahllos muß er in all den einzelnen Zellen und einfach in der Gesamtheit des Individuums vorhanden sein. Wie ich in der histologischen Analyse sagte, muß irgend ein äußerer Reiz gleichzeitig das Individuum als Ganzes und seine lokalen Zellen einzeln in Erregung versetzen. Wie ist das möglich, fragen wir jetzt nach all den Vorstellungen, die wir gewonnen? Ja nur wenn zweierlei Bedingungen erfüllt sind.

Erstens wenn all die Einzelzooiden nur Substitutionen eines Gesamtzooids sind und zweitens, wenn dieses Gesamtzooid auch zwei Lebenszustände hat. Nennen wir einmal in dem einen Zustand das Gesamtzooid C, in dem anderen Zooid M, so wird, wenn in den Zellen das Zooid S die Oberhand hat, das Gesamtwesen das Zooid C sein, wenn Zooid Ca die Oberhand hat, ist das Gesamtwesen das Zooid M. Zwischen Zooid C und Zooid S existieren gewisse Beziehungen, ebenso zwischen Zooid M und Zooid Ca, aber es darf nicht vergessen werden, daß jedes der Gesamtwesen beide Arten von Unterwesen enthält. Der Kampf schwankt zwischen den Unterwesen, der Sauerstoff des Hyphoids entscheidet, das Gesamtwesen ändert sich. Jetzt klopft die Außenwelt an eine der Oberflächen, es ist nötig, ihr zu begegnen, die Nerven berichten. Der Einfluß auf den Kampf der Zooide liegt nahe, aber es ist klar, daß zweierlei geschehen muß, es müssen sowohl die Einzelzooiden Ca und Si wie die Ge-

samtzooide M und C geändert werden. Auf beide muß der Nerv seinen Einfluß gleichzeitig geltend machen. Zu dem Gesamtzooide aber gehören nicht bloß die Zooide S und Ca, sondern auch das Hyphoid. Auch es muß beherrscht werden.

Und so verstehen wir, warum die Nerven eigentlich in Hyphoidbahnen, d. h. im Bindegewebe eingebettet wandern. Sie müssen zu dem Bluthyphoid, zum Zentrum des Organismus, das da liegt, wo sich die ursprünglichen Teilungsebenen schneiden, hingeleitet werden. Jeder Nerv hat seine zwei Äste, den einen, der hinführt zum Zentralnervensystem zur Beeinflussung des Gesamtzooids, den anderen, der wieder hinausführt zu den Einzelzooiden. Über das Verhältnis der beiden Äste zueinander habe ich schon früher gesprochen.

Wie aber geschieht nun die Weiterleitung? Seit wir durch Helmholtz¹⁾ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Nerven kennen, wissen wir, daß es sich nicht um Schwingungen des Äthers in demselben handeln kann. Nicht wie die Elektrizität läuft die Erregung im Nerven fort, und doch pflanzt sich, wie Bernstein²⁾ gezeigt hat, ebenso schnell wie die Erregung eine elektrische Potentialdifferenz in dem Nerven fort. Elektrische Ströme erregen den Nerven, elektrische Ströme erzeugt er, wenn er tätig oder verletzt ist, elektrische Ströme versetzen ihn in einen veränderten Erregbarkeitszustand, den Elektrotonus. Beides kann man sich nur vereinigt denken, wenn das Entstehen der elektrischen Ströme gebunden ist an eine Wanderung materieller Teilchen, und wenn anderseits diese Wanderung wieder durch elektrische Ströme angefacht wird. Das aber ist der Fall bei der Osmose, und dem entspricht auch die Gliederung der Nerven, seine Zusammensetzung aus Zellen, die durch Schnürringe voneinander abgetrennt sind, seine Abgrenzung durch die der Osmose unzugängliche Markscheide gegenüber den anderen Geweben.

Die Bildung der Nerven beruht darauf, daß von der äußeren wie der inneren Körperoberfläche Epithelien oder von ihnen gebildete Substanzen in die Bahnen einwandern, die ihrem Bau zugrunde liegen.

¹⁾ Helmholtz, Monatsber. d. Berl. Ak. 1850.

²⁾ Bernstein, Untersuchungen u. d. Erregungsvorgang im Nerven- u. Muskelsysteme. Heidelberg 1871.

An der äußeren wie an der inneren Körperoberfläche findet fortwährend eine Bildung solcher Substanzen statt. Jedes Wirken der äußeren Kräfte bewirkt eine Störung in der Bildung dieser Substanzen, und damit in dem Lebensprozeß der Zooidenteile, die sich in den Epithelien finden. Jedes Wirken der äußeren Kräfte auf die Oberflächen wird durch die Nerven nach innen gemeldet.

Bildung und Arbeit sind bei den Nerven unzertrennlich, wie uns die Tatsache der Degeneration bei Unterbrechung der Leitung beweist. Diese Beziehung kann darauf beruhen, daß bei der Arbeit wirklich Moleküle von jenen an der Oberfläche stattfindenden Prozessen in den Nerven einwandern. Sie kann auch darauf beruhen, daß sich elektrische und osmotische Prozesse durch den Nerven fortpflanzen, und die Substanzen, aus denen derselbe besteht, durch Elektrolyse und teilweise Osmose zerstören. Dann wird sich in der Ruhe der Nerv von der Oberfläche aus wieder herstellen. Jedenfalls aber wird im Innern das Gleichgewicht der zur Oberfläche zugehörigen Zooide gestört, es vollzieht sich eine Verbindung zwischen innen und außen, zwischen dem Ganzen und dem Teil, und es spielt sich damit ein Akt des Lebens der betroffenen Zooide ab.

VI. Abschnitt.

Biologische Analyse.

I. Einpassung in die Welt.

Wenn wir uns auf Grund des Vorausgegangenen die lebenden Wesen beruhend denken auf einer Symbiose der Zooide und des Hyphoids, so erleben sich vor uns mehrere Fragen. Zuerst fragen wir, wie kann sich dieser Kampf der Zooide gegenüber all den Kräften, die in der Welt auf ihn wirken, behaupten? Selbst im inneren Streite, muß nicht das lebende Wesen dem äußeren Drucke erliegen?

Wenn wir uns damit vertraut gemacht haben, erhebt sich die weitere Frage, wie ergeben sich aus der Symbiose die Eigentümlichkeiten der lebenden Wesen, die wir kennen, die Mannigfaltigkeit der Gesichte, die uns das Reich derselben darbietet? Und endlich fragen wir, erkennen wir in diesem Kampf der Zooide und der Symbiose mit dem Hyphoid wenigstens irgend etwas, was uns das, was wir von dem Höchstentwickelten dieser lebenden Wesen wissen, verständlich macht?

Man hat, um mit der ersten Frage zu beginnen, die Zweckmäßigkeit, die Teleologie als ein charakteristisches Kennzeichen des Reiches des Lebens angesehen. Im Grunde ist das nichts als eine Tautologie. Denn der Zweck jedes lebenden Wesens ist die Erhaltung des Lebens. Die Erhaltung des Lebens in erster Linie also die des Individuums, des eigenen Lebens, in zweiter Linie des

Lebens der Art. Wenn sie das nicht tun, so müssen sie sterben, als Art aussterben. Wir treffen aber in der Welt lebende Wesen. Wir untersuchen sie, und daß wir in ihnen die Gesetze der Erhaltung und nicht der Zerstörung des Lebens ausgesprochen finden, ist eigentlich selbstverständlich.

Im Grunde dürfen wir uns doch nicht mehr darüber verwundern, daß diese Wesen leben, als daß unsere Häuser nicht eingestürzt sind. Die genauere Betrachtung führt uns schon auf die Spuren der ausgestorbenen Arten wie der eingestürzten Häuser, aber für das, was die Welt augenblicklich erfüllt, können sie doch nur die Reste der Vergangenheit sein. Wenn aber nun die lebenden Wesen ihr Dasein so gestalten, daß sie den äußeren Kräften Widerstand leisten, wie können sie das eigentlich? Den Menschen kostet es eine beträchtliche Arbeit, das Studium vieler Generationen, um über die Art, wie diesen Kräften zu begegnen ist, etwas zu erfahren. In dem kleinsten Stückchen des lebenden Organismus aber steckt mehr davon darin, was zu wissen ist, als der kenntnisreichste Mensch zu finden imstande wäre.

Es ist eine gewöhnliche Art, ein gewöhnlicher Fehler, der aus der Übertragung entspringt, daß der Mensch die Erfahrung, die er von dem hat, was er selber macht, der Vorstellung zugrunde legt, wie etwas in der Natur entstehe. Wenn aber eine Maschine gebaut wird, so ist der Mensch das Mittelglied zwischen den Naturkräften und den Kräften, welche die Maschine ausübt. Die mühsame Entwicklung dieses Mittelgliedes und seiner Intelligenz, die Umwege, auf denen er etwas über die Naturkräfte durch die Wirkung auf ihn selbst erfährt, die allmähliche Umbildung, die er von diesen Wirkungen auf ihn, auf die morphologischen Gebilde überhaupt vollzieht, das alles muß sich widerspiegeln in seinem Plane der Maschine. Ebenso muß es aber auch sein eigenes Wesen, das Wesen dieses Mittelgliedes. Er fühlt sich, er stellt sich vor als der Urheber, als der *Schöpfer* dieser Maschine. Und er überträgt diese Vorstellung auf das, was er in der Natur um sich her entstehen sieht.

Den lebenden Wesen aber fehlt dieses Mittelglied. Es fehlt ihnen der ganze Umweg, den die Naturkräfte durch den Menschen hindurch nehmen, es fehlen die Unvollkommenheiten, die sich aus der Natur des Menschen ergeben, die Zentralisierung, die sein Wesen mit sich bringt. Die lebenden Wesen werden eben von den

Naturkräften direkt gebildet. Schon in den einleitenden Betrachtungen über den periodischen Ablauf des Lebens haben wir gesehen, wie diese Naturkräfte in die Umsetzungen, die dem Leben zugrunde liegen, eingreifen.

Die physiologisch-chemische Analyse hat uns dann belehrt, wie dieses Eingreifen die Ursache ist, wodurch die Stoffe in den Zellen schwinden, und damit auch die Ursache, weshalb sie sich immer wieder ersetzen. In dem weiteren Verlauf der Analyse aber wurde uns dann klar, daß es einen bestimmten Anlaß, eine Auslösung geben müßte, durch die diese Zersetzung eingeleitet würde, weil wir uns sonst die Mannigfaltigkeit der Zersetzungen, die stattfinden, nicht erklären könnten.

Wir entdeckten dann die Ursachen dieser Auslösung in der Wirkung, welche örtlich zueinander in Beziehung stehende Zellen und Gewebe aufeinander ausübten. Die Verfolgung dieser örtlichen Beziehungen in der embryonalen Entwicklung lehrte uns die Bahnen kennen, die, ausgehend von den beiden Körperoberflächen, die Ursachen dieser Auslösungen zur Wirkung im Organismus brachten. Es war etwas Neues, was wir damit entdeckten. Denn was an die Körperoberfläche anpocht, das sind die Kräfte der Umgebung. Unter deren Einfluß fand, so lernten wir damit, die Auslösung statt, die zur Zersetzung der Bestandteile des Organismus in den Zellen führte. Die Bahnen dienten dazu, die Zersetzungen im Organismus auszubreiten. Nach den früheren Betrachtungen aber fanden diese Zersetzungen unter dem Einfluß der periodisch wirkenden kosmischen, nach den späteren unter dem Einfluß der augenblicklich wirkenden Kräfte der Umgebung statt.

Die physiologische Analyse hat uns dann belehrt, daß jene Auslösung auf einer Gleichgewichtsstörung beruht, die im Organismus zwischen den zwei Zoiden stattfindet, die sich in ihm finden. Da sehen wir denn mit einem Male, daß die Beziehung zwischen den Kräften der Umgebung und den periodischen kosmischen Kräften durch die Form gegeben sei, welche der Organismus annimmt. Er beruht eben auf jenem Kampf der Zooide miteinander. Jedes Zoid macht ein Leben durch, jedes Leben hat seine Perioden, beruht auf einem Zyklus von Zersetzungen, der unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte stattfindet. Der Wechsel zwischen den zwei Leben aber, dem Leben der beiden Zooide, beruht

auf der Wirkung der Kräfte der Umgebung. Indem sie eingreifen, verhelfen sie dem einen oder dem anderen Leben zur Entwicklung, und ihr fortwährendes Spiel bedingt, daß in unzähligen Einzelmanifestationen sich die Zersetzungen vollziehen können, welche der betreffenden Periode zugrunde liegen. Eben weil der Organismus so gebaut ist, daß in ihm zwei Zooide eine besondere Art des Gleichgewichts haben, ist er imstande, auf jede Erregung, mit der die Außenwelt auf ihn wirkt, mit einer Kraftentwicklung zu antworten, die das Gesamtleben erhält, indem sie eine bestimmte innere Umwandlung herbeiführt.

Wie aber ist der Organismus gebaut, worauf beruht jenes Gleichgewicht der beiden Zooide? Schon habe ich angedeutet, daß dieselben nicht gleichberechtigt sein können. Immer gibt es nur eine Einheit im Organismus, aber ist es immer dieselbe? Streiten sich nicht die beiden Zooide um die Oberherrschaft? Und ist es nicht das Hyphoid, nach den Betrachtungen des vorausgegangenen Abschnittes, welches dabei den Ausschlag gibt? Ist es nicht ferner das Hyphoid, welches nach den früheren Betrachtungen, immer aufs neue das Material liefert, welches der Wiederherstellung des status quo ante zugrunde liegt?

Das heißt, gibt es eine völlige Herstellung des status quo ante? Es gibt wohl eine Erholung nach getaner Arbeit, aber altert nicht das Wesen während des Lebens? Geht es nicht zugrunde, nachdem es eine Reihe von Malen jene Gleichgewichtsstörungen zwischen den beiden Zooiden und jene Restitution durch das Hyphoid durchgemacht hat? Man beginnt jetzt einzusehen, wie die Möglichkeit, sich zu behaupten in der Welt, auf dem Verhältnis der Symbioten zueinander beruht. Die Einpassung in die Welt ist nicht bloß abhängig von dem Einfluß, den die kosmischen Kräfte in ihren Perioden auf das Lebewesen ausüben, sie ist auch abhängig von der lokalen Entwicklung in dem Keim, der das Verhältnis der Zooide und des Hyphoids zueinander bewirkt. Diese verursacht den fortwährenden Kampf unter dem Einfluß der Kräfte der Umgebung, jener den Ablauf der Lebensstadien der Symbioten selbst.

2. Schlafen und Wachen, Fressen und Fasten.

Ein Doppelzustand ist dem Leben eigentümlich, dessen Grenzen in dem Schlafen und Wachen des gesunden Menschen einerseits, in Leben und Tod andererseits gesucht werden müssen. Freilich, der Tod geht schon über diese Grenze eigentlich hinaus, aber jene Einstellung aller Lebensvorgänge, aller Lebensumsetzungen, (die Bachmetiew¹⁾ durch Abkühlung unter eine bestimmte Temperatur innerhalb einer gewissen Temperaturbreite herbeiführte, bildet diese Grenzen. Nur die Möglichkeit des Wiedererwachens zum Leben unterscheidet diesen Zustand von dem wirklichen Tode. Es ist ein Scheintod, wie der des eingetrockneten Bären-tierchens der Dachtraufen, von dem Claude Bernard²⁾ sprach. Dehnt man so das Reich dieses Doppelzustandes aus, so muß man unwillkürlich an das Pflanzenreich denken mit dem Erlöschen des vegetativen Lebens im Winter, mit dem Aufbewahren der Samenkörner in unveränderter Keimfähigkeit durch viele Jahre.

Das bringt zuerst auf den Gedanken, daß der Doppelzustand auf der Periodizität der kosmischen Reize beruhen möge. Der Winter und die Nacht sind ja die Zeiten, in denen das Leben aus dem tätigen in den untätigen Zustand übergeht, und in ihnen fehlen die kosmischen Kräfte des Lichtes und der Wärme. Indessen diese Kräfte können nicht so direkt die Ursache der Lebensfähigkeit sein. Wir sehen, wie der Nachtwächter zum Tagschläfer wird, wie der Winterschlaf mit dem Sommerschlaf bei nahe verwandten Arten abwechselt.

Es ist nicht der direkte, sondern der indirekte Einfluß der kosmischen Kräfte, welcher in Betracht kommt. Der Tagschläfer schließt sich ab von dem Getriebe, das die Welt erfüllt, während die Sonne leuchtet, er sorgt, daß keine Kräfte seine Körperoberfläche erregen. Der Sommerschläfer sieht seine Ernährung absterben infolge der mangelnden Feuchtigkeit, die die Wärme zur Verdunstung gebracht hat, während der Winterschläfer in dem Erlöschen des

¹⁾ Bachmetiew, Anabiose und Temperaturkurve der wechselwarmen Tiere. Biol. Zentralbl. XXI, 1901.

²⁾ Cl. Bernard, Leçons sur les Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. Paris 1878.

vegetativen Lebens bei der mangelnden Wärme die Ursache zum Winterschlaf findet. Beide verkriechen sich im Schlamm, um ihre Körperoberfläche vor der Wirkung der Kräfte der Umgebung zu schützen.

Was ist es nun, was eigentlich diesen Doppelzustand bedingt, unter so verschiedenen äußeren Bedingungen? Es ist das Verhältnis der Zooide zum Hyphoid oder in anderen Worten der Analyse zur Synthese. Die dem Leben dienenden Substanzen wollen nicht bloß zersetzt, sie wollen auch gebildet sein.

Schon in der physiologisch-chemischen Analyse habe ich darauf hingewiesen, wie dieselben nicht etwa fertig aufgenommen, sondern wie sie im Organismus gebildet werden. Das ist ein ganz allgemeines Gesetz. Fremdes Leben, d. h. der Zusammenhang der Atomgruppen der fremden Leben eigentümlich ist, wird zerstört und dafür der dem eigenen Leben entsprechende Aufbau durchgeführt. Daher hat jedes lebende Wesen seine zwei Perioden, eine der Zerstörung, eine des Aufbaus.

In den unserer Betrachtung zugrunde liegenden Wirbeltieren macht sich das nun im Verhältnis der Zooide zum Hyphoid geltend. Während des Wachens liegen die Zooide auf der Lauer, um jeden an einer Körperoberfläche eintreffenden Reiz mit einer Zersetzung zu beantworten, und auf jede Zersetzung erfolgt die Wiederherstellung mit Hilfe des Hyphoids. Wenn wir daher fragen, was tut ein lebendes Wesen während des Schlafes, so antworten wir „es bildet sein Hyphoid“.

Nicht als ob das Hyphoid während des Wachens nicht tätig wäre. Das Blut vollendet seinen Kreislauf, so haben wir gesehen, und es bringt zu den Zooiden die Nahrungsstoffe, wie den Sauerstoff, welchen sie brauchen. Auch die Blutkörperchen können während des Tages gebildet werden, so belehrten uns die im Luftballon gemachten Befunde. Aber werden sie alle und werden sie ganz gebildet während des Wachens? Ist nicht ein bestimmtes Stadium dem Schlafe vorbehalten? Und das Blut ist ja nicht das ganze Hyphoid. Da haben wir die Interzellulärsubstanzen, den Knorpel, den Knochen.

Was ist eigentlich ihr Sinn? Wir wurden nicht befriedigt von der herkömmlichen Antwort in betreff ihrer Zweckmäßigkeit. Wir wollen wissen, was sie zu tun haben mit der Symbiose, die dem Leben

zugrunde liegt. Eine Symbiose kann doch nicht einseitig sein. So gut wie das Hyphoid Stoffe liefert für den Aufbau der Zooide, so gut müssen auch diese wieder den des Hyphoids bestreiten. Schon in der embryologischen Analyse, als wir von der Bildung der Scheidewände und der Bahnen im Organismus sprachen, haben wir etwas dahin zielendes gesehen. Diese Stoffe aber werden die Zooide nicht abgeben können, so lange sie selber auf der Wacht sind gegenüber den Reizen der Außenwelt. Wenn es sich dann weiter handelt, wie wir im vorigen Kapitel sahen, um ein Durchlaufen des Lebens in seinen Stadien seitens dieser Zooide unter dem Wechsel des Einflusses der Kräfte der Umgebung und der kosmischen Kräfte, gibt es dann nicht auch verschiedene Stadien in dem Leben des Hyphoids? Wird es in allen Perioden des Lebens dieselben Stoffe von den Zooiden bekommen?

Schon sehen wir einen Schimmer von dem wirklichen Verhalten in der Differenz, die uns das Hyphoid, d. h. das Bindegewebe wollen wir sagen, um anschaulicher zu sein, in den verschiedenen Lebensaltern darbietet. Da haben wir zunächst das Wachstum, die Entwicklung und Vergrößerung. Das bedeutet ein stetiges Anwachsen in der Menge der Stoffe, die es erhält. Aber mit dem Ende des Wachstums ist das, was das Hyphoid erhält, nicht abgeschlossen. Mit dem Ende des Wachstums beginnt die Geschlechtsreife, und wie sie in eigentümlicher Weise verknüpft ist mit dem Verhältnis von Zooid und Hyphoid haben wir bereits berührt, als wir von den trophischen Störungen sprachen in der physiologisch-chemischen Analyse. Die Verknöcherung an der Epiphysengrenze, der Ersatz des Knorpels durch den Knochen, das Schwinden der Chondroitinschwefelsäure und das Auftreten der Verbindung von Collagen mit den Kalksalzen ist die Bedingung für die Freiheit von dieser Störung bei der Resorption der Geschlechtsprodukte. In irgend einer Weise müssen die Stoffe, die zum Aufbau des Hyphoids und zur Bildung der Geschlechtsprodukte gebraucht werden, miteinander interferieren.

Endlich sehen wir am Ende des Geschlechtslebens eine neue solche Störung eintreten in der Form des Carcinoms, das, welches auch seine auslösende Ursache sein mag, seinem Wesen nach von Thiersch¹⁾ zurückgeführt wurde auf eine Störung des

¹⁾ Thiersch, Der Epithelialkrebs namentl. der Haut. 1865.

Gleichgewichts zwischen Bindegewebe und Epithel. Drei verschiedene Stadien der Beziehungen zwischen Hyphoid und Zooid haben wir demnach, in dreimal verschiedener Weise muß die Symbiose zwischen beiden sich ändern. Wir können das nur verstehen, wenn wir annehmen, daß es entweder für die einen oder für beide drei verschiedene Lebensstadien gibt. Nicht bloß den kleinen täglichen Austausch von Stoffen zwischen den zwei Zweigen der Symbiose hat demnach das Leben zu bewirken, sondern eine fortwährende Bildung und Umbildung, die zum Übergang aus einem Stadium ins andere führt, und die sich vollzieht unter dem wechselnden Einfluß der kosmischen und der Umgebungskräfte.

Wachen und Schlafen sind die beiden Zustände des Gesamtorganismus, in denen die Bildung der Zooide oder des Hyphoids überwiegt; Fasten und Fressen sind Wirkungen oder Ursachen dieser Zustände. Der Schlaf ist die Zeit des Fastens, denn es fehlt die Tätigkeit der Zooide, die zum Fressen führt, und Fasten ist auch wieder die Ursache des Schlafes, wie die Winterschläfer zeigen. Die Hauptbeziehung zwischen beiden aber ist, daß es eine Zeit braucht, in der die mit der Nahrung aufgenommenen Atomgruppen in die Bestandteile des Organismus übergeführt, und eine andere, in der diese wieder zersetzt werden.

3. Das Knochengerüst.

Nichts erscheint so charakteristisch wie das Knochengerüst. Die vergleichende Anatomie zeigt uns wieder und wieder, wie durch alle Familien und Ordnungen, ja durch alle Klassen der Wirbeltiere hindurch seine Anlage dieselbe bleibt. Schon der Name Wirbeltiere deutet darauf hin, wie das unterscheidende Merkmal in dem Knochengerüste liegt. Alles übrige scheint davon abzuhängen. Und dieses Knochengerüst ist eine Bildung des Hyphoids. Aber ist es das wirklich? Es stammt von dem mittleren Keimblatt, und dessen Deszendenten haben wir erst im letzten Kapitel als Bildungen des Hyphoids angesprochen. Anderseits aber haben wir auch speziell in der physiologischen Analyse das Blutgefäßsystem als das Hyphoid bezeichnet, und zu diesem

gehört das Knochengüst doch nicht. Es macht sich da eine gewisse Unbestimmtheit im Gebrauch der Bezeichnung Hyphoid geltend, die der Leser wahrscheinlich schon in allen vorausgehenden Abschnitten gespürt hat. Alle Bahnen, die sich in den Scheidewänden entwickeln, wurden schon in der embryologischen Analyse dem Hyphoid zugewiesen, und doch gehören zu diesen Bahnen auch die cerebrospinalen Nerven, die doch Abkömmlinge des äußeren Keimblattes sind, also von den Zooiden stammen. Die letzten Kapitel geben uns endlich die Mittel an die Hand, dieser Unklarheit etwas auf den Grund zu sehen. Wir sehen, wenn wir an die morphologischen Gebilde herangehen, nirgends die Symbioten rein für sich. Alle Zellen werden von einer Kombination derselben gebildet, und erst die Synthese kann zeigen in welcher Weise. Das Leben entwickelt dann in diesen morphologischen Grundlagen die einzelnen Symbioten, es macht sie selbständig. Unter dem Einfluß der auf den Organismus wirkenden Kräfte entstehen dann neue Kombinationen in den verschiedenen Geweben, so auch im Knochengewebe. Der erste Einblick in die Doppelnatur ist der, wir haben die Vorbereitung, den Nährboden, wie wir im Verfolg unserer früheren Betrachtungen sagen, und dann das Wesen selbst, welches sich in diesem Nährboden entwickelt. Das Knochengüst zeigt uns selbst in seinen verschiedenen Stadien der Entwicklung etwas von der Doppelnatur. Zuerst wird es angelegt als Knorpelgerüst. In diesem Stadium ist es gefäßlos. Erst wenn das eigentliche Hyphoid, die Gefäße hineinwandern, beginnt die Verknöcherung. Die Gefäße stammen aus dem mittleren Keimblatt, der Knorpel, der zu ihrem Nährboden wird, erhält sein wesentliches Material von den Zooiden. Aber nicht der Knorpel allein wird zum Nährboden, auch das Periost, d. h. das fibrilläre Bindegewebe.

Zweierlei Anteile enthält der erwachsene Röhrenknochen, den Knorpelknochen und den Bindegewebsknochen. Die Mitte der Knochen aber höhlt sich dann wieder zum Knochenmark aus, in dem die Gefäße wandungslos sind, in dem die Blutkörperchen entstehen. Als eine Ursprungsstelle des Blutes ist das Knochenmark anzusehen. Was zuerst gefäßlos war, was erst durch ein Eindringen der Gefäße belebt wurde, bildet dann den Ausgangspunkt der Gefäße. Die Wechselwirkung von Hyphoid und Zooiden haben wir da recht deutlich. Die Zooide bilden

den Nährboden, und in ihn dringt der besondere Keim des Hyphoids, in ihm entwickelt er sich, und das Material, das er bringt, fällt wieder den Zooïden zu. Indessen damit können wir uns noch nicht zufrieden geben. Vor allem möchten wir wissen, warum denn die Knochen eine so bestimmte Gestalt und Lage annehmen. Offenbar rührt dies von dem Nährboden her, denn schon der Knorpel bildet die Gestalt des Knochens bis zu einem gewissen Grade vor. Da nun die Nährböden von den Zooïden gebildet werden, so ist es die Lage der Zooïde, welche die Gestalt des Knochengengerüstes bedingt. Indessen nur innerhalb einer gewissen Grenze ist die Gestalt des Knochens durch den Knorpel bedingt. Das führt uns zur Konstatierung einer anderen Tatsache.

Erst nach der Geburt vollzieht sich die Verknöcherung. Schon während die Außenwelt an die Oberflächen des Organismus pocht, bildet sich der Knochen. Es ist also die Tätigkeit der Zooïde, welche anknüpft an die Reize der Außenwelt, die die Stoffe liefern muß für die Bildung des Knochens. Wir sehen demgemäß, wie derselbe sich anpaßt an den Zug des an ihm sich anheftenden Muskel. Das ist nicht bloß physikalisch, das ist auch chemisch bedingt, weil der Muskel als Derivat der Zooïde dem Knochen Stoffe für seine Entwicklung liefern muß. Fragen wir dann weiter, warum haben wir denn zweierlei Nährböden, Knorpel und Bindegewebe für die Entwicklung der Knochen, so lautet die Antwort zunächst, wir haben auch zweierlei Zooïde, die dieselben liefern. Schon früher habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie der Knorpel, namentlich die Chorda dorsalis, wesentlich geliefert wird von dem Si-Zooïd, das fibrilläre Gewebe von dem Ca-Zooïd. Dann aber sehen wir sofort ein, die beiden Zooïde sind nicht gleich beteiligt bei der Bildung des Knochens. Der Knorpel schwindet, wenn der Knochen sich ausbildet. Das Ca-Zooïd gewinnt die Oberhand über das Si-Zooïd.

Das muß mit dem Hyphoid zusammenhängen, denn mit dem Eindringen der Gefäße in den Knorpel am Verknöcherungspunkt vollzieht sich diese Änderung. Ist das Hyphoid mit dem einen der beiden Zooïde anders verbunden als mit dem anderen? Schon einmal kamen wir auf diese Idee. Als wir von dem Herzen sprachen und dem Blutkreislauf in der physiologischen Analyse, da sahen wir vor uns zwei Gefäßbäume. Der eine, der der Arterien, ging von dem

Herzen aus und verzweigte sich nach der Peripherie, der andere, der der Venen, hatte im Gegenteil sein Ende in dem Herzen. Damals bezeichneten wir nun den ersteren als Hyphoid und den letzteren rechneten wir dem Ca-Zooid zu, bei dem die einzelnen Teile zu einem Plasmodium zusammenfließen. Wenn wir nun von beiden zusammen als von dem Hyphoid reden, ist das nicht wieder ein Widerspruch? Ja wir dürfen nicht vergessen, daß in dem Maße, als wir tiefer in das wirkliche Verhältnis eindringen, die Kompliziertheit immer deutlicher wird. Jede morphologische Bildung ist ja schon zusammengesetzt aus Symbioten und immer mehr häuft sich die Mannigfaltigkeit der morphologischen Bildungen. Das Blutgefäßsystem enthält die Gefäßwand, das Plasma, die Körperchen. In jeder Beziehung ist es etwas anderes, ja jedes dieser Gebilde ist wieder zusammengesetzt, und je nachdem der eine oder der andere Teil vorwiegt, sei es für die morphologische Betrachtung, sei es für die Funktion, die untersucht wird, sprechen wir ihn dem einen oder dem anderen Symbioten zu. So denken wir wesentlich an das Plasma, wenn wir die Venen auffassen als einem Plasmodium vergleichbar, und wir denken wesentlich an die Gefäßwand, wenn wir das Gefäßsystem dem Hyphoid zurechnen.

Wie aber verhält es sich denn mit den Blutkörperchen, die uns hier wegen des Knochenmarks besonders interessieren? Da müssen wir uns erinnern, daß wir auch das Hyphoid nicht einfach erwarten dürfen. Die Hyphenpilze, denen wir es vergleichen, haben immer zweierlei Generationen, geschlechtliche und ungeschlechtliche. Die ersteren sind seltener als die letzteren, aber in gewissen Intervallen sind sie unentbehrlich. Sollte der Umstand, daß es mindestens 12 Blutkörperchengenerationen auf eine Generation von Geschlechtsprodukten gibt, wie die Zählungen beim Frosche ergeben haben, darauf hinweisen, daß Blutkörperchen und Geschlechtsprodukte in einem solchen Verhältnis zueinander stehen, wie ungeschlechtliche und geschlechtliche Generation des Hyphoids?

Aber die Geschlechtsprodukte des Organismus pflanzen doch nicht bloß das Hyphoid, sondern auch die Zooide fort. So müssen denn die Zooide in einem besonderen Verhältnis zu den Geschlechtsprodukten des Hyphoids stehen. In welchem? Das wissen wir einstweilen noch nicht. Aber gerade die Knochen er-

innern uns daran, daß eine solche Beziehung existiert. Schon habe ich davon gesprochen, wie die Ausbildung der Knochen bis zur Verknöcherung der Epiphysengrenze den Abschluß bilde der ersten Lebensperiode. Von ihr aus beginnt das Reifwerden, der Geschlechtsprodukte. Diese reifen mit dem Fertigwerden des Hyphoids, d. h. seiner geschlechtlichen Generation. Weiter hat uns dieses Kapitel gezeigt, wie das Hyphoid anders verknüpft ist mit dem Ca-Zooid als mit dem Si-Zooid. Jenes, das wissen wir aus der embryologischen Analyse, liegt wesentlich dem inneren, dieses dem äußeren Keimblatt zugrunde, jenes liefert das verkalkende Bindegewebe, dieses den Knorpel. Mit dem Beginn der Geschlechtsperiode schwindet der Knorpel, der Knochen ist ausgebildet.

Wo die beiden, Wachstum und Geschlechtsreife interferieren, gibt es die trophischen Störungen. Wie aber gestaltet sich das Verhältnis zwischen den Geschlechtsprodukten des Hyphoids und den Zooiden? Ein erstes Licht wirft darauf gerade wieder das Knochengestüt. Der Histologe sagt uns, es gehört der Interzellulärsubstanz an. Zellen sind zwar darin, aber das eigentlich wesentliche ist die Interzellulärsubstanz. Das gleiche gilt für den Knorpel. In der Interzellulärsubstanz aber finden sich da die anorganischen Bestandteile, welche für die Zooiden charakteristisch sind, das Ca, das Si. Das Hyphoid aber enthält dieselben nicht, seine Interzellulärsubstanz, das Plasma, ist flüssig. Die anorganischen Substanzen sind also hinausgedrängt aus dem Hyphoid in das, was dasselbe umgibt, was es von den Zooiden trennt. Auch in die Geschlechtsprodukte des Hyphoids also werden die anorganischen Substanzen als anorganische nicht hineinkommen.

Ja können sie denn als organische hineinkommen? Da haben wir ein merkwürdiges Beispiel an den Blutkörperchen, den Repräsentanten der ungeschlechtlichen Generation. Das Eisen, das sie enthalten, findet sich auch in den Epithelzellen, den Derivaten der Zooide, in den Plasmosomen. Aber dort findet es sich in einer anorganischen Form, die die Eisenreaktionen gibt, in den Blutkörperchen dagegen in einer organischen Form, ohne die Eisenreaktionen. Dort haben wir es angesprochen als die kolloidale Grundsubstanz der Plasmosomen im Gegensatz zu dem Tricalcium-

phosphat als der kolloidalen Grundsubstanz der Kerne und der Kieselsäure als der kolloidalen Grundsubstanz des Protoplasmas.

Wenn das Eisen also aus den Zooiden in das Hyphoid übergeht, dann muß es aus der anorganischen in die organische Bindungsform übergehen, es muß aus einer Substanz, die bloß das Gerüst bildet, ein aktiver Bestandteil werden. Dem, was für das Eisen gilt, müssen sich Ca und Si auch fügen, denn auch sie gehen durch die Bahnen des Organismus hindurch. Wir haben das für die Nervenbahnen in der physiologischen Analyse gesehen. Wenn wir auch deren Aufbau noch nicht verfolgen können, so wissen wir doch, daß die Gesetze des mittleren Keimblattes auch für *ihre Grundlage* gelten, sie leitet sich auch von den Scheidewänden ab. Ist aber die Rolle der organischen Existenz für diese Elemente einstweilen ausgespielt, dann kommen sie in die Interzellularsubstanz, um in dieser aufgespeichert zu werden.

4. Das Verhältnis der Darwin'schen Theorie zur Kritik der Erfahrung vom Leben.

Darwin hat die Fülle der Erscheinungen, die die lebenden Wesen darbieten, dadurch vereinfacht, daß er sie alle von gemeinsamen Urwesen ableitete. Die Kritik der Erfahrung vom Leben legt ihrem Leben einen gleichartigen Prozeß zugrunde. Es tangiert das eine das andere nicht. Aber einige Schwierigkeiten der Erklärung bieten sich für die Darwinsche Theorie dar, und ich will mich darüber aussprechen, inwiefern die Vorstellung von unserem Grundprozeß diese Schwierigkeiten aufhebt. Sie liegen nämlich nicht in der Fülle und auch nicht in der Einheit, sondern sie liegen darin, daß nur gewisse Typen verwirklicht sind und dazwischen die Übergänge fehlen.

Die wissenschaftliche Welt teilt die Darwinsche Theorie gegenwärtig in zwei Abteilungen, die eine bezeichnet Haeckel als Evolutionstheorie, die zweite als Selektionstheorie. Die erstere hat nach ihm heute keine ernst zu nehmenden Gegner mehr, die zweite dagegen viele. In Anbetracht unserer heutigen Kenntnisse über die Einheitlichkeit des Aufbaues aller lebenden Wesen in chemischer und morphologischer Beziehung ist es nicht wunderbar,

daß man den einheitlichen Ursprung der lebenden Wesen allgemein annimmt. Es böte sich als Möglichkeit noch die andere Hypothese dar, daß, weil die Bedingungen für die Entstehung des Lebens auf unserer Erdoberfläche ganz bestimmte, und durch die daselbst wirkenden Kräfte gegebene seien, alles Leben, das entstehe, nur nach einer bestimmten Art in einer bestimmten Form entstehen könne.

Von diesen beiden Möglichkeiten ist jedenfalls die erstere die einfachere. Sie erfordert aber als ihre Ergänzung, daß man sich eine Vorstellung mache von den Ursachen, die die Variation der ursprünglichen Einheit herbeigeführt haben. Darwin hat hierzu eine Anleitung gegeben, die man als den zweiten Teil seiner Theorie betrachten kann und auch als Selektionstheorie bezeichnet.

Man hat dieser Theorie zunächst einige Vorwürfe gemacht in bezug auf das, was sie nicht leiste. Darwin weist bekanntlich auf die Verschiedenheit der Bedingungen des Lebens an unserer Erdoberfläche hin, und auf die Variation der Individuen, welche einer Art angehören. Unter diesen Individuen wird eines sein, welches den Sieg im Kampf ums Dasein erringt, wie Darwin sagte, welcher unter den wirkenden kosmischen Kräften die günstigste Kraftentwicklung hat, wie wir sagen würden. Dieses Individuum wird nun am meisten Aussicht haben, sein Leben zu erhalten und sich fortzupflanzen. Wie nun die Bedingungen des Lebens an der Erdoberfläche mannigfaltige sind, so wird es auch mannigfache Arten von Individuen geben.

Man hat gegen diese Betrachtungsweise geltend gemacht, daß ein Widerspruch darin liege, daß die Bedingungen des Lebens sich ganz kontinuierlich, die Arten aber sich sprungweise ändern. Man hat gesagt, aus den Veränderungen der Lebensbedingungen kann man sich wohl erklären, warum es eine Variation von Bären gibt, die einen dichten weißen Pelz haben, eine andere mit braunem, eine andere mit grauem, eine andere mit schwarzem Pelz. Man kann verstehen, warum die eine Variation ausschließlich Fleisch frißt, die andere fast reiner Pflanzenfresser ist.

Aber man kann daraus nicht ableiten, warum es neben den Bären auch Füchse oder gar Schweine gibt. Was sollen überhaupt die vier Klassen der Wirbeltiere, die Säugetiere, die Vögel, die Am-

phibien und Reptilien, die Fische nebeneinander; warum gerade vier? Man wird indessen geneigter, diese sprungweise Änderung zu verstehen, wenn man den ganzen inneren Aufbau, den Mechanismus der Entstehung in Rechnung zieht, wovon unsere Kritik Gebrauch macht. Sehen wir einmal an den allereinfachsten Problemen, wie unseren Sinnen, auf die wir ja immer angewiesen sind, die Sache erscheinen muß.

Wir haben eine Anzahl Linien und sollen mit diesen eine Fläche einschließen, die einfachste Konstruktion, die es gibt. Das eine Mal sei die Zahl dieser Linien drei, das andere Mal vier, das ist wieder die einfachste Variation, die denkbar ist. Aber wie verschieden ist das Resultat. Das eine Mal erhalten wir ein Dreieck, das andere Mal ein Viereck, ganz verschiedene Erscheinungen für unsere Sinne, ganz verschieden in ihren Eigenschaften, wie uns die Geometrie, die aus ihnen ihre Lehrsätze ableitet, belehrt. Nun seien diese Linien einmal Symbioten, welche einen Organismus bilden bei ihrer Vereinigung. Man sieht ohne weiteres, wie verschieden diese Organismen ausfallen müssen, nach der Zahl der Symbioten, die man vereinigt.

Ein weiterer Einwand, den man gegen die Selektionstheorie erhoben hat, leitet sich aus der Erfahrung ab. de Vries, der Botaniker,¹⁾ hat Variationen von Pflanzen beobachtet und gefunden, daß dieselben gar nicht allmählich unter dem Druck der veränderten Lebensbedingungen und in Anpassung an dieselben geschehen, sondern daß plötzlich eine ganze Anzahl Variationen verschiedener Art hervortreten. Er sah eine Anzahl neuer Spezies fast gleichzeitig aus einer Mutterpflanze hervorgehen, von denen die einen bald wieder zugrunde gingen, die anderen sich erhielten. Auch das läßt sich verstehen, wenn man zu der Darwinschen Vorstellung von der Einwirkung der äußeren Bedingungen die Notwendigkeiten hinzufügt, welche aus dem inneren Aufbau sich ergeben.

Ich habe in den letzten Kapiteln oft von dem Einfluß der Lebensbedingungen auf das Verhalten des Organismus gesprochen. In ihrer allgemeinsten Form habe ich die Lebensbedingungen resümiert als die kosmischen Kräfte und habe die Vorstellung entwickelt,

¹⁾ de Vries, Die Mutationen u. die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten. Die Umschau V, 1901.

wie diese kosmischen Kräfte an die äußere und innere Oberfläche des Körpers pochen und dort Veränderungen hervorrufen. Das ist im Grunde die Darwinsche Vorstellung auch. Nun gehe ich weiter. Diese Veränderungen beeinflussen den Lebensvorgang der Symbioten, die das Leben des Organismus bedingen. Betrachten wir nun einmal den Fall, der sich ereignen würde, wenn eine solche Veränderung erheblich wäre. Es könnte das Verhältnis der Symbioten so gestört werden, daß kein neues Gleichgewicht möglich wäre. Das bedeutete den Tod des Individuums, und wenn sich dasselbe für alle Individuen der gleichen Art wiederholte, ein Aussterben derselben.

Oder aber, es stellt sich ein neues Gleichgewicht her. Auf doppelte Art ist das möglich. Entweder die Zahl der Symbioten ändert sich, welche den Organismus aufbauen. Sehen wir wieder die Wirkung hiervon an unserem einfachsten Beispiele von vorhin. Im ersten Falle hatten wir drei Linien, jetzt aber unter den neuen Bedingungen vier. Welche Fülle von neuen Figuren, d. h. von neuen Organismen können sich da bilden. Rechtecke, Quadrate, Rhomben, Rhomboide, Trapeze, Trapezoide, also eine ganze Anzahl von Variationen. Oder aber die Zahl der Symbioten bleibe gleich, aber es ändere sich das Verhältnis derselben zueinander. An unserem Beispiel betrachtet, würden wir sagen, der Winkel änderte sich, den die Linien einschließen. Sofort tauchen vor unseren Augen auf das gleichseitige, das gleichschenklige, das rechtwinklige, das stumpfwinklige und alle die verschiedenen Arten der Dreiecke.

Man sieht schon, daß man selbst, um diese einfachen Figuren zu verstehen, nicht bloß die äußeren Bedingungen, unter denen sie variieren, kennen muß, sondern auch die inneren Gesetze ihres Aufbaues. Was aber für sie gilt, gilt in noch höherem Grade für die Organismen. Es gibt freilich verschiedene Grade der Kenntnis. Es gibt auch eine Kenntnis des Dreiecks, die man zu einer Zeit hat, wo man noch nichts von den Euklidischen Sätzen weiß. Und wieder eine Kenntnis davon, nach dem man diese gelernt, aber noch nichts von der Trigonometrie weiß und so fort. Noch viel mehr Abstufungen mag unsere Kenntnis von den Organismen haben.

Noch nach einer anderen Seite hin mag die Kritik der Erfahrung zum Verständnis der Darwinschen Theorie eine Hilfe

bieten. Diese liegt in der Einheit der Lebensprozesse, die sie vertritt. Ich will dies durch ein Beispiel veranschaulichen. Ein Freund, ohne alle Kenntnis übrigens von der von mir hier vertretenen Auffassung, sagte mir kürzlich etwa folgendes: Unsere Sinne sollen sich ausgebildet haben durch die Erfahrung, um uns Kenntnis zu geben von der uns umgebenden Welt. Ein Eingeborener von Südafrika, der unsere Blumen niemals gerochen hat, dessen Vorfahren sie niemals gerochen haben, wird sie doch deutlich riechen, ja wird sie am Geruch voneinander unterscheiden. Wie reimt sich das?

Ja, erwiderte ich, die Geruchsstoffe, welche die Pflanzen bilden, sind, wie die Chemie uns lehrt, gar nicht so sehr voneinander verschieden. Sie haben meistens denselben Kern, dem nur verschiedene Seitenketten angehängt sind, die den Unterschied für unsere Geruchsnerven begründen. Andererseits sind auch wieder die Stoffe, die in uns vorkommen, von denen in den Pflanzen nicht so different. Wir wissen bereits, daß die Pflanzen, wo sie Stärke zu verdauen haben oder Eiweißkörper, wie die insektenfressenden Pflanzen, gleiche Fermente brauchen wie wir, von vielen anderen ganz zu schweigen, so mag auch zwischen den Stoffen, welche sie produzieren, und die gerochen werden und den Stoffen, die wir produzieren, um zu riechen, eine nahe Verwandtschaft bestehen. Daß ein Eingeborener Südafrikas unsere Blumen riecht, ist nur ein Zeichen der Gleichheit des Lebensprozesses, welcher hier wie dort sich abspielt. Die Übung aber mag sicher dann diese Seite des Lebensprozesses, die Feinheit der Empfindung steigern.

5. Die beiden Geschlechter.

Keine Tatsache der Darwinschen Theorie, keine aus dem Bereich der Erscheinungen der lebenden Wesen erscheint so erstaunlich, als daß wir jede Art repräsentiert haben durch zwei verschiedene Typen, die beiden Geschlechter. Wir sind aber nun so gewöhnt an diese Duplizität, daß wir darüber hinwegsehen.

Was hat nun die Kritik der Erfahrung zu ihr zu sagen? Wenn man sich auf den Standpunkt der physiologisch-chemischen Analyse stellt, nach dem die Bildung der Geschlechtsprodukte das Endziel des

Stoffwechsels bildet, möchte man zunächst fragen, warum ist diese Verschiedenheit nicht größer angesichts der Verschiedenheit der Geschlechtsprodukte? Es handelt sich eben nicht bloß um die Geschlechtsprodukte, sondern auch um die Geschlechtscharaktere. Diese bilden eine Ergänzung, eine Art Opposition zu jenen, so daß durch sie der Stoffwechsel bei beiden Geschlechtern zu einem ähnlichen ergänzt wird.

Die Geschlechtscharaktere bedingen die geschlechtliche Differenz der Individuen, sie gehören der gegenwärtigen Generation an, die Geschlechtsprodukte der künftigen. Daß dem Jüngling der Bart sproßt, daß bei dem Mädchen die Brüste sich runden ist eine Ergänzung zur Bildung der Spermatozoen und Eier. Es erscheint fast trivial, darauf hinzuweisen. Aber wie hängt das zusammen? Wir haben in unserer Analyse Fortschritte gemacht. Wir haben gelernt, daß das Leben auf einer Symbiose beruht, daß die Zooide des Organismus in einem Kampf miteinander liegen, in dem das Gleichgewicht durch das Hyphoid hergestellt wird. Das vorletzte Kapitel nun sagte uns, daß auch das Hyphoid eine doppelte Existenz hat, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation. Wie kann nun diese Symbiose zu einer Trennung der Geschlechter führen? Wie kann dieser Vorgang, von dem wir seither als einem einheitlichen gesprochen haben, von dem wir die Einheitlichkeit in allen möglichen Manifestationen nachzuweisen versuchten, sich doch in einem doppelten, in einem so verschiedenen Sinn abspielen?

Kehren wir einen Augenblick zurück zu unseren früheren Betrachtungen. Wir sahen damals den Stoffwechsel als einen Zyklus an, und wir unterschieden den Zyklus, der in dem Individuum verläuft, und den, der in der Art verläuft. Das Geschlechtsprodukt bildet das Bindeglied zwischen beiden. Das Wesen des Zyklus aber besteht darin, daß die Atome, die an demselben teilnehmen, am Schlusse dieselbe Gruppierung, dieselbe Stellung aufzeigen wie am Anfang. Die verschiedenen Zwischenstufen entsprechen den intermediär entstehenden Stoffen und den Geweben des Organismus. Denn auch die Zooide und das Hyphoid müssen einen solchen Zyklus durchlaufen, wenn sie leben wollen. Die verschiedenen Phasen ihres Lebens entsprechen den verschiedenen Zuständen, von denen ich in den letzten Kapiteln sprach. Jeder der Symbioten

sucht also im Organismus seinen Zyklus zu durchlaufen, und das äußert sich in den verschiedenen Kraftentwickelungen den verschiedenen Formbildungen, die im Organismus stattfinden. Das Eigentümliche der Symbiose dabei ist es, daß die Veränderungen des einen Symbioten niemals isoliert verlaufen, daß sie immer die der anderen wachrufen. Niemals sehen wir daher in den höheren Organismen den Zyklus eines Zooids oder des Hyphoids für sich, immer sehen wir Kombinationen der Symbioten in ihren verschiedenen Stadien.

Auch dann, wenn ich spreche, wie ich es in den vorausgegangenen Kapiteln oft getan habe, von einem Gewebe als den Repräsentanten eines Symbioten, so dürfen wir darunter nur verstehen, daß in diesem Gewebe dieser Symbiote besonders deutlich zu erkennen ist. Wenn ich von den Epithelzellen als Deszendenten der Zooide, von dem Bindegewebe als dem des Hyphoids spreche, so dürfen wir dabei keinen Augenblick vergessen, daß auch im Epithel das Hyphoid, auch im Bindegewebe die Zooide vertreten sind. Wir erkennen nur hier und dort deutlicher die Wirkung des einen oder des anderen. So ist auch der Gesamtzyklus, der zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt, ein Kombinationszyklus, und es ist unsere Aufgabe, in dieser Kombination den Anteil der einzelnen Faktoren, also der Zooide und des Hyphoids, zu entziffern. Das Verständnis der Trennung des Geschlechtes hängt hiervon ab, denn auf der Reihenfolge, in der diese einzelnen Komponenten zusammenwirken, beruht eben die Verschiedenheit.

Die Zooide sind in ihrer Fortpflanzung ungeschlechtlich, das Hyphoid dagegen hat eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation. Man erkennt sofort, daß die erstere bestimmend wird für die geschlechtliche Trennung. Aber sie kann es nicht allein sein, denn die Zooide kombinieren sich in diesem Zyklus. Die Zellen der Geschlechtsorgane sind ja Epithelzellen. Sie sind allerdings Abkömmlinge des mittleren Keimblattes, aber solche, die durch Einstülpung, wie es die Coelomtheorie verlangt, aus der Keimblase hervorgegangen sind, und deswegen Deszendenten der Zooide.

Andererseits reproduzieren die Geschlechtsprodukte nicht einzelne Zellen, sondern den ganzen Organismus und die Verbindung aller einzelnen Teile besorgt das Hyphoid. Setzen wir für Hyphoid

einmal Blutgefäßsystem, so sehen wir ohne weiteres, wie das Material zur Bildung der Geschlechtsprodukte hierdurch den Geschlechtsorganen zugetragen wird. Es ist also eine Verbindung des Hyphoids mit den Zooiden, die zu dieser Bildung führt.

Wie aber gestaltet sich dieselbe? Wieder werden wir an das vorige Kapitel erinnert, welches uns belehrte, daß nicht beide Zooiden in gleicher Weise mit dem Hyphoid verbunden seien. Die Embryologen lehren uns, wie Hoden und Eierstock von dem mittleren Keimblatt herkommen. Aber ihre Entwicklung ist bei beiden Geschlechtern verschieden. Die Untersuchung zeigt, wie sie ausgeht in der Leibeshöhle von einem Streifen, dem Keimepithel. Nicht wie Bindegewebszellen, sondern wie Epithelzellen erscheint diese Anlage der Geschlechtsorgane, obgleich sie vom mittleren Keimblatt herkommt. Wie ich schon oben sagte, ist dieses Keimepithel wohl hervorgegangen von den eingestülpten Epithelien des Coelom.

Das Coelom aber scheidet sich in ein parietales und ein viscerales Blatt. Wohl mag der Unterschied der Anlage des männlichen und weiblichen Geschlechtsorgans zusammenhängen mit dieser Trennung, so daß das eine Organ von dem parietalen, das andere vom visceralen herkommt. Die Embryologie hat uns denn weiter gelehrt, wie diese eingestülpten Epithelien in Verbindung treten mit dem in den Spalten ausgeschiedenen Mesenchym, jenen Substanzen, die ich in der histologischen Analyse als Grundlage der Interzellulärsubstanzen und als Grundlagen der Entwicklung des Hyphoids ansprach.

Zusammen mit diesen Hyphoidbahnen entwickeln sich die Epithelzellen. Sie werden zu den Geschlechtsbildnern des Hyphoids, d. h. sie nehmen aus jenen Bahnen alles auf, was die geschlechtliche Generation des Hyphoids mit sich bringt. Aber die Bahnen sind nicht gleich bei beiden Geschlechtern. Zwischen dem parietalen Blatt und dem äußeren Keimblatt liegt etwas anderes als zwischen dem visceralen Blatt und dem inneren Keimblatt. Schon markiert sich also in der Anlage eine Differenz zwischen den Geschlechtern in bezug auf die Verbindung der Geschlechtsorgane mit dem übrigen Organismus. Wenn wir uns dann an die seitherigen Betrachtungen erinnern, wie fortwährend ein Wechsel stattfindet zwischen den Epithelzellen und diesen Bahnen, wenn wir uns weiter erinnern, wie im

Grunde jede Epithelzelle von den Hyphoidbahnen das ernährnde Material empfängt, dann fragen wir natürlich, ist denn nicht jede Epithelzelle eigentlich ein Gefäß für die geschlechtlichen Stoffe des Hyphoids? Werden diese Stoffe nicht ebensogut in die anderen Epithelzellen entleert, wie in die der Geschlechtsorgane? Worum besteht der Unterschied? Ja eben darin, daß die Geschlechtszellen vom mittleren Keimblatt stammen, die anderen vom inneren oder äußeren.

Die letzteren repräsentieren nur eine Seite der Sache, das hat sich schon bei der ersten Teilung entschieden, in denen vom mittleren Keimblatt aber hat, das haben wir auch schon gehört, eine eigentümliche Umordnung stattgefunden, durch die sie die Eigenschaften beider vereinigt. Und dann sehen wir weiter. Jedes Individuum bildet nur ein Geschlecht aus. Sein Hyphoid hat bloß die eine Verbindung mit den Geschlechtszellen, die viscerales oder die parietale. Die andere Verbindung führt eben zu den Zellen, in denen die Geschlechtscharaktere ausgebildet werden.

Sofort aber drängt sich der Gedanke auf, die Duplizität der Geschlechter ist eben darin begründet, daß der Zyklus in der einen Richtung oder der anderen durchlaufen werden kann. Entweder können die männlichen Organe des Hyphoids in den Geschlechtszellen des Organismus, die weiblichen als Geschlechtscharakter in den Epithelien des Individuums abgelagert werden, oder umgekehrt. Auf dieser Möglichkeit der Umkehrung beruht sowohl die Differenz der geschlechtlichen Individuen wie der Geschlechtsprodukte.

6. Jugend, Geschlechtsreife, Alter.

Drei Lebensperioden zeigt uns die Beobachtung. Drei verschiedene Lebensstadien haben unsere Symbioten nach den seitherigen Betrachtungen, wie gestaltet sich ihr Zusammenhang, wie leiten sich aus deren Kombination die Lebensperioden des Organismus ab? Da ist zuerst die Periode der Jugend, des Wachstums. In ihr bilden sich die Zooide aus zur Vollendung ihres ersten Lebensstadiums, in ihr baut sich das Hyphoid auf. Noch kommt es nicht zur Bildung reifer Geschlechtsprodukte, aber die

Anlage zu denselben ist da. Der Organismus ist voll von den Erscheinungen der Zellteilung, weil sie das Wachstum, also die Zellvermehrung bedingen. Und damit kommt es zur Bildung der Scheidewände, der Bahnen, die den Organismus durchziehen. Schon strömt das Blut, schon arbeiten die Nerven und führen, wie wir im vorigen Kapitel sahen, dem Hyphoid die geschlechtlichen Elemente wieder zu, welche dasselbe an die Epithelzellen abgeben, aber noch bildet das Hyphoid nicht zusammen mit den Zellen der Geschlechtsorgane reife Geschlechtsprodukte des Gesamtorganismus.

Was fehlt noch, wodurch unterscheidet sich diese Periode von der folgenden? Vor allen Dingen sind die führenden Zooide noch nicht vollständig. Was heißt das im Grunde, die führenden Zooide? Ja da der Gesamtorganismus ein Zoon ist, so muß die Führung in demselben ein Zoid übernehmen, das eine der beiden, von dem wir seither gesprochen. In dieses wäre dann eingeschaltet das Hyphoid und in dieses wieder das andere Zoid. Ich will die beiden in dieser Beziehung unterscheiden als führendes und als Spezialzoid. Was hat das für eine Rückwirkung auf das Hyphoid? Wir teilen, um das näher zu untersuchen, die Periode des Wachstums in zwei Abteilungen, die intrauterine und die extrauterine Entwicklung. In der ersteren ist das Gerüst noch knorpelig angelegt, viele Nervenbahnen entbehren der Markscheide, es finden keine Atembewegungen statt. Während der letzteren verknöchert das Gerüst, die Markscheiden bilden sich aus, die Atembewegungen sind da, die Körperoberflächen sind dem Kampf mit der Außenwelt ausgesetzt.

Das alles hängt zusammen. Die Wirkung der Außenwelt bedingt eine Abschuppung an der Körperoberfläche. Es stoßen sich die glatten, kernlos gewordenen Epidermisschüppchen ab. Sie haben ihren Kern verloren, das bedeutet, daß das Tricalciumphosphat, welches deren Grundlage bildet, weggenommen ist. Weggenommen unzweifelhaft von dem Blut, das wie es als venöses Blut zurückströmte von der Peripherie, reich war an Kohlensäure, die instande ist, dieses Tricalciumphosphat zu lösen.

Mit diesem Rückströmen verbunden ist, wie wir von früher her wissen, der Übergang der Zooide in ein anderes Lebensstadium, und das bedeutet für die Spezialzoide im äußeren Keimblatt die Abstoßung. Wo kommt der so von dem Blute aufgenommene Kalk

hin? Wir sehen, Hand in Hand gehen mit diesem Prozeß an der Körperoberfläche die Verknöcherung des Knorpels, und wir haben allen Grund, anzunehmen, daß der hierbei gebrauchte Kalk jener Quelle entstammt. Denn mit dieser Abschuppung an der Oberfläche ist das Wachstum, die Vergrößerung des führenden Zooids verbunden.

Immer neue Spezialzooide können sich an der Peripherie einfügen, vermöge jener Abschuppung, bis zum Momente, wo das führende Zooid vollständig ist, und in diesem Momente hört auch die Verkalkung an der Epiphysengrenze auf, denn die Verknöcherung des Knorpelgerüsts ist vollständig.

Unterdessen arbeiten auch die Nerven. Während die Epidermis sich abschuppt, tragen sie nach innen die Elemente, die das Hyphoid befruchten, und es bilden sich die Markscheiden der Bewegungsbahnen aus. Endlich aber ist es die Tätigkeit der nervösen Zentren selbst, welche die Atembewegungen auslöst. Die Verbindung des Hyphoids mit den Zooiden, die hier liegt, bildet sich aus, und der Wechsel des Blutes zwischen arterieller und venöser Sauerstoffspannung ist die Folge.

Betrachten wir nun die zweite, die geschlechtliche Periode. Vorüber sind die Erscheinungen der Zellteilung und damit die Ausbildung der Zooide und des Hyphoids. Ich muß es mir einstweilen versparen, auf den eigentümlichen Zusammenhang einzugehen, der zwischen der im vorigen Kapitel geschilderten Entwicklung der Geschlechtsprodukte einerseits und der Ausbildung von Zooid und Hyphoid anderseits existiert. Genug, die Periode ist vorüber, in der sich diese Ausbildung abspielt. Beide haben ihr erstes Lebensstadium erreicht, beide gehen nun allmählich in ihr zweites Lebensstadium über, unter unzähligen kleinen Absätzen, die die Veränderung, der in sie eingeschalteten unzähligen Spezialzooide betreffen.

Wie gestaltet sich nun in diesem neuen Lebensstadium der Austausch von Stoffen, den wir in der Wachstumsperiode verfolgen? Das führende Zooid ist vollendet, und die Grundsubstanz, die es charakterisierte, wird verfügbar. Es ist die Kieselsäure. Beim weiblichen Geschlecht geht sie über in die Geschlechtsprodukte, beim männlichen Geschlecht in die Haare, namentlich die jetzt wachsenden Barthaare.

Wie aber ist es mit der Grundsubstanz der Spezialzooide? Nach

wie vor ja in erhöhtem Maße findet die Abschuppung der Epidermis an der Körperoberfläche statt, und die Epidermisschüppchen verlieren ihr Tricalciumphosphat. Wo kommt das hin, nachdem die Verkalkung der Knochen beendet ist? Beim männlichen Geschlecht in die Geschlechtsprodukte, die eine Grundsubstanz brauchen. Und beim weiblichen Geschlecht in die Milchdrüsen und die Milch, die uns im Kasein den Gehalt von Phosphorsäure und Parannuklein, in den Salzen den Gehalt an Kalk zeigt. Das Blut mit seinem eigentümlichen Kalkgehalt ist der Vermittler, und wie ich schon früher sagte, ist die Rolle des Kalkes, die er bei der Vermittlung spielt, aus seiner Doppelstellung gegenüber dem Zooid (als Grundsubstanz) und dem Hyphoid (als Teil eines organischen Bestandteils) zu erklären.

Eine Weile dauert nun dieser Austausch von Stoffen, aus dem Zooid ins Hyphoid, aus dem Hyphoid wieder ins Zooid, dann zurück und schließlich an die Geschlechtsprodukte. Wie lange? Ja, das kann ich einstweilen noch nicht sagen, bis ich all die Möglichkeiten der Umordnung aufgezählt habe, welche der Bildung der Geschlechtsprodukte vorangehen. Das aber kann erst an Hand der Synthese geschehen. Wohl wissen wir aus der Erfahrung daß, wie das Wachstum, so auch das geschlechtsreife Alter eine bestimmte Zeit dauert. Die Reihe von Jahren, welche die eine wie die andere Periode in Anspruch nimmt, steht wahrscheinlich in einem inneren Verhältnis zueinander.

Dann tritt die dritte Lebensperiode, das Alter ein. Das führende Zooid erreicht ein neues Stadium, ein Stadium, indem es seine Grundsubstanz die SiO_2 nicht mehr festhält. Die Haare werden weiß und fallen aus, die Haut wird runzlig. Auch die Spezialzooiden, auch das Hyphoid gehen in andere Lebensstadien über. Die Knochen werden brüchig, das Verhältnis des Kalkes zur organischen Substanz ändert sich in ihnen, die Unterhaut und die Lederhaut verlieren ihre Prallheit. Es findet eine Änderung in der Bildung und Zerstörung von Stoffen statt, die auf dem Austausch zwischen Hyphoid und Zooid beruhen, eine Verfettung oder auch eine Abmagerung. Die Nerven führen nicht mehr von den Körperoberflächen dem Zooid die Stoffe zu, die zur Bildung der geschlechtlichen Generation des Hyphoids notwendig sind, d. h. zur Füllung der Epithelzellen, denn Geschlechtsprodukte werden ja nicht mehr

gebildet. Das führende Zooid hat in diesem Lebensstadium ja die Fähigkeit verloren, den Nerven die Stoffe zu liefern, welche die Bildung der Geschlechtsprodukte ermöglichen, es verlieren allmählich auch die Spezialzooiden die Stoffe, mit Hilfe deren die Epithelzellen wieder gefüllt werden können.

So treibt der Organismus seinem Ende zu.

7. Leben und Tod.

An der Leiche steht eine Theorie des Lebens vor ihrem Prüfstein. Weshalb lebt dieser Kadaver nicht mehr? In ihm sind doch alle Stoffe vorhanden, welche dem Leben zugrunde liegen, alle morphologischen Apparate, die diese Stoffe sonst umsetzen, sind unverändert. Niemand weiß das besser als der Mann der Wissenschaft, und deshalb ist niemand trauriger in einem solchen Momente als er. Warum ist das Leben entflohen? Sollte wirklich in dem Lebenden noch etwas wohnen, was dem Toten fehlt, eine Seele? Schon in dem 9. Kapitel des I. Abschnitts der I. Abteilung haben wir uns eine solche Frage vorgelegt. Damals haben wir darauf geantwortet, daß der Tod das Band zwischen Kraft und Form zerschneidet, welches für das Leben charakteristisch ist.

Seitdem haben wir einiges gelernt, um uns aufzuklären, was man darunter zu verstehen habe. Suchen wir zu rekapitulieren, was das alles ist. Zunächst hat man darauf aufmerksam gemacht, daß wir einen solchen Gegensatz zwischen einem leicht umsetzbaren Zustand und einem schwer veränderlichen auch bei sonst genau gleich zusammengesetzten Körpern kennen. Ostwald¹⁾ hat eine Anzahl Beispiele gegeben von Verbindungen, die durch eine kleine Veränderung ihrer Umgebungsbedingungen eine Erschütterung oder Erwärmung zur Zersetzung gebracht werden in dem einen Zustand, während sie in dem anderen chemisch genau isomeren Zustand diesen Veränderungen widerstehen. Er nannte den einen Zustand den labilen, den anderen den stabilen, und er zeigte, daß es wesentlich die Lage der Atome im Raum, das stereo-

¹⁾ Ostwald, W., Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper, Zeitschr. f. physik. Chemie 22, 1897.

chemische Verhalten war, welches die Differenz bedingte. Für die lebenden Organismen war es nun göltig, wie Ostwald hervorhob, daß sie einer Art von Veränderungen der Umgebung gegenüber sich vollkommen gleichgültig verhielten, wie tote Substanzen auch, während andere Veränderungen sie zu den lebhaftesten Umsetzungen veranlaßte. Er bezeichnete daher den lebenden als den metastabilen Zustand. Und um die Ähnlichkeit eines solchen chemischen Zustandes mit dem Leben noch deutlicher zu machen, zeigte er, wie unter gewissen Umständen eine Spur einer Substanz in labilem Zustand, ein Kriställchen allein, eine große Menge, die sich in anderem Zustande befindet, in diesen umzuwandeln imstande ist. So wirkt auch ein Keim eines lebenden Wesens befruchtend, wie wir sagen, er wandelt die leblose Materie in belebte um, indem er sich entwickelt, vermehrt.

Ist nun wirklich der Unterschied zwischen Leben und Tod derart zwei chemischen Zuständen vergleichbar? Geraume Zeit hat man gesprochen von lebendem und totem Eiweiß, das wäre Eiweiß in labilem und stabilem Zustand. O. Löw¹⁾ hat versucht, einen chemischen Grund in dem Aufbau des lebenden Eiweißmoleküls zu finden für die Umsetzungen, die das lebende Organ darbietet und glaubt, denselben in der Anwesenheit von Aldehydgruppen in demselben gefunden zu haben. Entspricht etwas derartiges nun auch der hier vorgetragenen Theorie? Auf den ersten Blick erscheint es fast kindlich, den Grund des Lebens in einem solchen Doppelzustand der dem Organismus zugrunde liegenden Stoffe zu suchen, und diese Auffassung in Parallele zu stellen mit unserer Theorie. Haben wir nicht eine außerordentliche Komplikation, eine Wechselwirkung der verschiedenen Symbioten als die Ursache der Lebensprozesse erkannt?

Bei genauerem Nachdenken aber erinnert man sich, daß diese Wechselwirkung doch nur möglich ist, wenn die ausgetauschten Stoffe gewisse Eigenschaften haben. Man fragt sich dann, auf welche Eigenschaften es eigentlich ankam bei dieser Wechselwirkung. Die Rekapitulation ergibt, daß man Gebrauch machte von einer ganzen Reihe chemischer Eigen-

¹⁾ O. Löw und Th. Bokorny, Vers. üb. aktives Eiweiß. Biol. Zentralbl. XI, 1891.

schaften, wie z. B. der doppelten Wertigkeit des Eisens, der Kern- und der Kettenbildung der kohlenstoffhaltigen Atomgruppen, der Polymerisation bei ihnen und bei den stickstoffhaltigen. Von physikalisch-chemischen Eigenschaften andererseits, wie der Kolloidbildung und der Ausfällung durch Ionen, der Trennung von Molekülen durch Osmose, und der Entstehung elektrischer Ströme hierbei sprachen wir weiter. Endlich haben wir Gebrauch gemacht von Eigenschaften, die auf der Grenze beider stehen, wie das stereochemische Verhalten, wie das Übergehen von Phosphor und von Schwefel in reduziertem wie oxydiertem Zustand, aus organischer in anorganische Bindung, von Kalk aus der organischen in die kolloidale und in die kristalloide Bindung.

Auf diesen und auf vielen anderen Eigenschaften basieren die Umsetzungen des Lebens, nicht etwa auf einer einzigen. Man wird daher, wenn man nach den Ursachen des Todes sich umsieht, erinnert an die Erfahrungen, die die Pathologen schon lange gemacht haben. Es kommt sowohl darauf an, daß die Moleküle, welche zur Umsetzung notwendig sind, überhaupt im Organismus sich finden, wie darauf, daß sie im richtigen Moment an den Ort gebracht werden, wo sie umgesetzt werden können.

Im ersten Falle kann der Tod eintreten wie bei Hunger oder Erstickung, im letzteren Falle wie bei Störungen des Kreislaufs. Die Infektionskrankheiten mögen vielleicht in dem einen Fall mehr auf die eine, in dem anderen Fall mehr auf die andere Weise zur Todesursache werden.

Noch knüpft aber diese Betrachtung an unser letztes Kapitel an. Dieses scheint dem Leben eine bestimmte Dauer zu geben. Wenn das führende Zooid alle drei Lebensstadien durchschritten hat, wenn nicht vorher eine äußere Kraft den Lebensfaden durchrissen hat, erfolgt der Tod durch Altersschwäche. Aber auch da müssen wir uns erinnern, daß die Pathologen uns gelehrt haben, jedesmal nach einer direkten Todesursache zu forschen. Es kommt darauf an, daß der umzusetzende Stoff zur rechten Zeit, am rechten Ort nicht vorhanden war. Die direkte Todesursache kann mannigfaltig sein, wenn auch der Ablauf der Lebensstadien als entfernterer Grund derselbe war. Es kann ein Stoff nicht gebildet worden sein, weil das führende Zooid erschöpft war, oder das Hyphoid hat ihm nicht an den

Ort gebracht, wo er umgesetzt werden konnte. Es kommt auf den Kampf mit den Kräften der Außenwelt an, welcher von den Symbioten zuerst die Fähigkeit verliert, sich in diesem Kampf zu behaupten. Und weil der Organismus sich zusammensetzt aus unzähligen der Manifestationen der Symbioten, kann sich auch bei dem allmählichen Erlöschen des Lebens, je nach dem Eingreifen der Außenwelt, das alles verschieden lange hinziehen.

8. Individualität.

Gern hätte ich noch den Roux'schen¹⁾ Kampf der Teile im allgemeinen besprochen, aber ich will mir das auf die Synthese versparen. Jetzt möchte ich zum Abschluß der Analyse noch ein Bild von der Individualität entwerfen, wie sie nach dieser Theorie erscheint. Und ein paar Lichter werden dabei hoffentlich auf Dunkelheiten fallen, die in dieser Analyse den aufmerksamen Leser gestört haben müssen, und die ich doch nicht habe vermeiden können.

Individuum, der Begriff, das Wort wird von uns in einem doppelten Sinne gebraucht, und doch deckt dieser doppelte Sinn nur die Einheit, die vor unserem geistigen Auge steht. Das eine Mal nehmen wir das Wort in seinem eigentlichen Sinne. Es heißt ja „das Unteilbare“. Wir denken dabei, daß das Ganze ja doch nur ein Leben hat, einen Willen, eine Seele hätte ich bald gesagt, indem ich dem Sprachgebrauch folgte. Die Teilung bedeutet den Tod.

Zum anderen denken wir an die lebendige Erscheinung. Wir unterscheiden die verschiedenen Individuen, welche einer Art angehören. Die Unterschiede innerhalb desselben Typus sind es, die wir dabei hervorheben wollen. In dem ersteren Sinne hat diese Analyse sich nun bemüht, entgegen der gegenwärtig üblichen Methodik der Wissenschaft, nicht den Organismus in seine einzelne Teile zu zerlegen, sondern herauszubringen, was für ein Prozeß in ihm vor sich geht, der alle diese Teile untereinander verbindet.

Vor allen Dingen lehrte die Geschichte der Individuen, d. h.

¹⁾ Roux, W., *Der Kampf der Teile im Organismus*. Leipzig 1881.

eine Beobachtung ihres Lebens, wie die Übersicht der ungeheuren Variation von Organismen, daß dieser in dem Ganzen sich abspielende Prozeß analog sei demjenigen, der sich in der einzelnen Zelle vollziehe. Über den letzteren gaben die physiologische, die physikalische Chemie, die Histologie einige Auskunft. Aber wie setzten sich nun die unzähligen Einzelprozeßchen zum Gesamtprozeß zusammen? Zuerst war da eine Führerin die Embryologie, welche über die Ordnung der Zellen bei der Bildung des Organismus etwas lehrte. Sodann aber handelte es sich darum, in dem Lebensprozeß des Gesamtorganismus etwas wieder zu erkennen von den Prozessen der einzelnen Zellen.

Es begann die physiologische Analyse. Mit ihr häuften sich die Schwierigkeiten. Denn wo steckte in der relativ kolossalen Einheit, mit der man es zu tun hatte, noch der Schlüssel zur Zusammensetzung aus einzelnen Prozessen? Große Mengen von Zellen wurden zusammengefaßt zu einer Funktion, und die verschiedenen Funktionen dienenden Zellen differenzierten sich untereinander. Wie sollte der Lebensvorgang des ganzen Organismus dem einer Zelle gleichen, und welcher Zelle? Sie gleichten sich ja kaum untereinander. Dabei war in diesem Organismus jede Zelle ebenso lebendig, wie der ganze Organismus selbst, keine war ein toter Teil, alle Prozesse waren zentralisiert, d. h. sie gingen die Gesamtheit an und sie waren lokalisiert, d. h. sie betrafen den Lebensvorgang einer bestimmten Zelle oder einer bestimmten Zellgruppe gleicher Art oder gleichen Ortes.

Ich begann den Versuch, hierin Klarheit zu schaffen, indem ich von den Symbioten sprach, deren verschiedene Lebensstadien in verschiedene Zellen verteilt sind, während eine und dieselbe Zelle wieder die Lebensstadien verschiedener Symbioten enthält. So versuchte ich die Differenz der Zellen untereinander und wieder die Einheit des Lebens in den verschiedenen Bezirken des Organismus zu erklären. Ich war mir bewußt, wie wenig das genügte. Indessen im Verlauf der physiologischen Analyse sprach ich von zwei Zooiden, die das Leben des Organismus bedingen und die selbst der Einwirkung der kosmischen Kräfte untertan sind. Zwischen ihnen besteht ein Gleichgewicht, das durch die andere Art der Symbioten, durch das Hyphoid unterhalten wird. Fortwährend suchen die Kräfte der Umgebung dieses Gleich-

gewicht zu stören, fortwährend wird es durch die Entwicklung der inneren Kräfte mit Hilfe des Hyphoids wieder hergestellt.

Notwendig ergibt sich zwischen jedem der Zoiden und dem Zwischenglied dem Hyphoid wieder ein Gleichgewicht, notwendig ergibt sich zwischen den äußeren Störungen und der Wiederherstellung ein gewisses Verhältnis. In diesem Verhältnis habe ich die erste Verdeutlichung der Individualität gefunden. Denn dieses Verhältnis hängt ab von dem inneren Bau des Lebewesens, von der Beziehung zwischen den Zoiden untereinander und zu dem Hyphoid. Nicht gleich sind die Zooide. Die eine ist die führende, die andere in unzähligen mehr oder minder zahlreichen Manifestationen eingeordnet. Nicht gleich sind sie verteilt auf die Zellen, die Gewebe, eine umfangreiche Darstellung nur kann ihre Verteilung entwirren. Sie sind die Produkte und auch wieder die Ursachen des Hyphoids.

Der eindringende Sauerstoff ändert ihre Beziehungen zu demselben fortwährend. Immer aber erfolgten diese Änderungen in einem gewissen Verhältnis, das von ihrer Kraft, d. h. ihrer Zahl und der äußeren Einwirkung abhängig ist. Und dieses Verhältnis der Änderung nennen wir den Rhythmus. Alles Leben ist rhythmisch, von dem Pulsschlag des Herzens und der Atmung bis zum Tanzen, zur Musik und Poesie.

Immer handelt es sich um das Einbrechen einer Veränderung und der Wiederherstellung des Gleichgewichts. Die Zeit, die hierzu gebraucht wird, aber ist abhängig von dem Verhältnis der Zooide und Hyphoide, aus denen ein Individuum aufgebaut ist, *daher ist der Rhythmus charakteristisch für dasselbe*. In ähnlich gebauten Individuen gelingt es für eine gewisse Zeit, den Rhythmus durch äußere Einwirkung, durch Übung gleichmäßig zu gestalten. Wir nennen das einen Chor, immer wieder löst sich aus demselben der Rhythmus der einzelnen Individuen ab. Wir erachten es als eine sehr hohe Leistung des Schriftstellers, wenn es ihm gelingt, durch den Rhythmus zu charakterisieren, sei es die Personen, die er schildert, durch ihre Sprache, sei es sich selbst, durch seinen Stil.

Wenn ich hiermit die Analyse abschließe, so kann ich die Feder nicht aus der Hand legen, ohne dem Andenken zweier Männer zu huldigen, deren Ideen mich mehr als die der anderen geleitet haben. Es sind Im. Kant und Rich. Avenarius. Ich hatte nicht Gelegen-

heit sie zu zitieren, denn in keiner der Analysen, auf denen unsere Kritik beruht, hatten sie Veranlassung sich zu betätigen. Aber den Einfluß, den sie auf mich bei Abfassung dieses Buches hatten, kann ich nicht unerwähnt lassen. Wenn Raum und Zeit aller Erkenntnis zugrunde liegen, wie Kant zeigte, so mußte dies in dem Bau der erkennenden Wesen begründet sein, so meinte ich. Wenn alle Wissenschaft sich in letzter Hand mathematisch ausdrücken läßt, so müssen die Grundlagen der Mathematik bei dem Aufbau der erkennenden Organe eine entscheidende Rolle spielen. In unzähligen Fällen, wo mich jede andere Erfahrung im Stich ließ, ist Kant mein Lehrmeister gewesen.

Und diese Lehre hat Avenarius' Kritik der reinen Erfahrung ergänzt. Denn er verfolgte die Wirkung der Außenwelt auf den Organismus. Die Vitalschwankung, welche sie erzeugt, wurde ihm der Mittelpunkt der Erfahrung. Die Vitalschwankung ist auch für mich der Mittelpunkt des Lebensprozesses geworden. So verschieden die Kritik der reinen Vernunft und die Kritik der reinen Erfahrung zunächst auch erscheinen, so lassen sie sich doch als ergänzend auffassen für den Aufbau des Organismus, für seine Schicksale in der Welt.

Namenregister.

- A**
Ahrens 127.
Altmann 168.
Apathy 166.
Aristoteles 34.
Arnold J. 169, 171, 191.
Arrhenius 47, 65, 72, 133.
Avenarius R. 281.
- B**
Bachmetiew 256.
Bär, v. C. E. 28, 79.
Bang 125.
Basch 230.
Baumann 246.
Bel le 90.
Bernard Claude 3, 5, 6, 7,
8, 10, 23, 150, 214, 256.
Bernstein 88, 236, 250.
Bertrand 130.
Bethe 166.
Bidder 230.
Birge 60.
Born 52, 63.
Boveri 186, 191.
Bredig 85, 130.
Brücke 34, 235.
Brünings 88, 236.
Buchner 127.
- C**
Cartesius 3.
Cyon 246.
- D**
Darwin 3, 4, 8, 43, 63,
264, 265.
Dewitz 50, 65.
Drechsel 93, 94, 106, 123,
247.
Dubois Reymond 13, 34,
38.
- E**
Engelmann 64, 103, 230,
234, 237.
Estor 38.
Ewald 234.
Ezn Sanders 166.
- F**
Fick 239.
Fischer, A. 169.
Fischer, E. 91, 122, 123.
Fol 185.
Friedmann 121.
- G**
Gaule A. 227.
Gaule, J. 21, 23, 58, 59,
60, 61, 62, 96, 98, 136,
138, 139, 140, 168, 169,
173, 176, 218, 227, 231,
233.
Gegenbauer 36.
Giakosa 187.
Goltz 231.
Gordon 89.
- G**
Graham 76, 77, 82.
Gürber 57, 85, 164.
- H**
Haeckel 264.
Hall, W. S. 126.
Hamburger 164.
Hantzsch 92.
Hardy 85.
Hartmann, E. v. 23.
Hegel 2.
Heidenhain 37, 53.
Helmholtz 34, 41, 250.
Hermann 51, 65, 236.
Hertwig 63, 167, 199, 200,
201.
Hill, Croft 129.
Hippokrates 27.
His 181, 200.
Hodge 64.
Hoerber 73, 88, 89, 103,
104, 132, 197, 236.
van t'Hoff 71, 72, 78, 90,
100, 101.
Hofmeister 119, 129.
- I**
Iwanoff 57.
- J**
Jünger 227.
- K**
Kaiser 230.
Kant 41, 281.

- KLIKOWICZ 168.
 Koch, Robert 43.
 Kodis 95.
 Kölliker 46.
 Kolb 181, 187.
 Kossel 181.
 Krehl 169.
 Kühne 80.

L
 Lahousse 168.
 Landolt 91.
 Lavoisier 6, 38.
 Leonard 218.
 Lewin 60.
 Liebig 40.
 Linden 106.
 Lister 42.
 Locke 233.
 Loeb J. 50, 51, 52, 63,
 65, 184, 186, 239.
 Löw 277.
 Lombard 166.
 Ludwig C. 33, 34, 35, 36,
 37, 38, 39, 53, 54, 115,
 150, 214, 230.
 Lussac, Gay- 47.

M
 Magendie 64.
 Mann 64.
 Metzner 169.
 Meyer, Hans 97.

M
 Miescher 125, 181, 187.
 Müller, J. 112.
 Müller, J. J. 115.
 Müntz 7.

N
 Nägeli 24.
 Nencki 116.
 Nernst 86.
 Nolf 225.

O
 Ogata 58, 61, 147, 149.
 Osler 246.
 Ostwald 131, 276, 277.
 Oswald 246.
 Overton 96, 97, 100, 101,
 103, 104, 195.

P
 Pasteur 17, 40, 40, 41,
 - 42, 90, 91, 92, 189.
 Pawlow 215.
 Pfeffer 72.
 Pflüger 38, 39.
 Piwowarow 227.

R
 Rabl 181.
 Regnault et Reiset 38.
 Reinke 24, 26, 27.
 Remak 230.
 Ringer 233.
 Roos 240.
 Roux 63, 191, 279.

S
 Sachs 46, 49.
 Salisbury 42.
 Sawjalaw 128.
 Schmiedeberg 125, 181.
 Schwann 8.
 Schwendener 63.
 Schulz, H. 126.
 Schultze 158.
 Siebold 58.
 Siegfried 182.
 Spiro 120.
 Spitzer 130.
 Stolnikow 57, 168, 170.
 St. Pierre 38.
 Succard 231.

T
 Tanner 174.
 Thiersch 258.
 Traube 100, 101, 102.
 Tschistowitsch 227.

V
 Verworn 51, 63.
 Virchow 18, 19, 20, 38, 40.
 Voit 115.
 Vries de 260.

W
 Windaus & Stein, G. 119.
 Wislicenus 90, 239.
 Wlassak 174.

Z
 Ziegler 24.

Sachregister.

Durch kursive Schrift sind diejenigen Seitenzahlen hervorgehoben, auf denen entweder die chemische Formel der betreffenden Substanz mitgeteilt wird, oder auf denen die Überschrift des Kapitels eine Behandlung des betreffenden Gegenstandes ankündigt.

- Abietinsäure** 120.
Achromatinstern 190.
Achsenzylinder 152, 153, 165, 166, 238.
Addison'sche Krankheit 56.
Adenase 108.
Adenin 113, 124.
Adrenalin 64, 244, 245.
Aethalum septicum 106.
Ätherbildung William-son'sche 60.
Aggregatzustände 28, 39, 79, 99.
Akkommodation 35.
Akromegalie 56, 143.
Aktionsstrom 88, 89, 103.
Albumin 81.
Algen 63.
Allantois 208, 209.
Alter 272, 275.
Altern 12.
Amidoethylsulfosäure 120.
Amidoessigsäure 114.
Amidohydracrylsäure 107.
Amidogruppen 93, 113, 121.
Amidopropionsäure 107.
Aminojodbuttersäure 247.
Aminooxypurin 124.
Aminopurin 124.
Ammonium karbaminsaures 94.
Amöbe 5, 10, 11, 51.
Amöbocyten 59.
Amphioxus 4, 181, 202.
Anion 47, 75, 76, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 236.
Antipyrin 57.
Antitoxin 102.
Aorta 193, 219.
Arbeitszellen 172.
Archblasten 181.
Argentum kolloidale 78.
Arginin 108.
Arsensulfid 77, 78.
Arterien 37, 220, 223, 224, 225, 229, 231, 201.
Arteriensystem 223.
Ascogon 223.
Atemnerven 241.
Atemzentrum 241, 243.
Atmung 12, 176, 239, 244, 281.
Augenkammer 139.
Ausfällung 103.
Automaten 22.
Bärentierchen 7.
Bahnen 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 171, 176, 178, 179, 193, 195, 196, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 214, 215, 216, 221, 222, 228, 237, 238, 243, 244, 248, 249, 250, 254, 258, 260, 271, 273.
Bauchrinne 202.
Bauchspeichel 153.
Bastardierung 52, 53.
Barillus 31.
Benzopyrrol 119.
Betain 107.
Bienenzellen 64.
Bilirubin 116, 117, 118.
Biliverdin 110.
Bindegewebe 95, 154, 155, 161, 162, 167, 182, 195, 199, 200, 201, 206, 250, 258, 259, 260, 261, 263, 270.
Bindegewebzellen 55, 271.
Binnendruck 101.
Blastula 196, 197, 198, 199.
Blausäure 131, 132.
Blutbahn 150, 160, 205, 206, 217, 228, 229.
Blutbewegung 229.
Blutbildung 156, 181, 218, 221, 225, 227.
Blutdruck 37, 53, 65, 245.
Blutfarbstoff 163, 218, 220, 226, 229.
Blutflüssigkeit 101, 225.

- Blutgefäße 39, 141, 151, 152, 155, 171, 207, 208, 214, 219, 220, 221, 229, 240, 241, 245.
- Blutgeschwindigkeit 37, 39, 115.
- Blutgewebe 154.
- Bluthyphoid 250.
- Blutkörperchen 57, 58, 65, 97, 104, 119, 127, 136, 147, 151, 163, 164, 218, 220, 225, 226, 227, 228, 233, 257, 262, 263.
- Blutkreislauf 261.
- Blutmenge 115.
- Blutplasma 219, 225.
- Blutstrom 12, 151, 155, 209, 220, 221.
- Blutgefäßsystem 222, 259, 262, 271.
- Brenzkatechin 245.
- Calcium 126, 135, 263, 264.
- Calciumphosphat 228.
- Canalis neurentericus 202.
- Carcinom 258.
- Cerebrospinalnerven 152, 159, 167, 168, 193, 196, 231, 248.
- Chemotaxis 51.
- Chinin 73.
- Chininsalze 73.
- Chitin 107.
- Chlorophyll 6, 98, 106.
- Chlorophyllbildung 98.
- Chlorophyllkorn 6.
- Cholesterin 45, 107, 109, 119, 120, 163, 181.
- Cholin 107.
- Cholsäure 120.
- Chondroitinschwefelsäure 107, 174, 175, 258.
- Chorda dorsalis 206, 261.
- Chorda Tympani 155, 214.
- Chromatin 147.
- Circulatio omphalomesenterica 207.
- Coelom 199, 201, 271.
- Coelomtheorie 270.
- Collagen 182, 258.
- Cyanalkyle 124, 182, 183.
- Cystin 108, 121, 124, 182.
- Cytozoen 58, 59.
- Darm 114, 212, 219.
- Darmrohr 199, 202, 205, 216.
- Diamant 16.
- Diastase 108.
- Diastole 230, 231, 232.
- Diffusion 53, 77.
- Dioxy Piperazin 122.
- Disdiaklasten 235.
- Dissoziation 73, 74, 75.
- Dominanten 24, 25, 26, 27.
- Dotter 180, 181, 206, 207.
- Dotterplättchen 207.
- Drüsen 138, 148, 151, 154, 156, 158, 212, 214, 215, 216, 244, 245.
- Drüsengewebe 155, 155.
- Drüsenläppchen 150.
- Drüsenzellen 12, 150, 153, 216.
- Dualismus 27.
- Ductus thoracicus 219.
- Dyskrasie 40.
- Eier 52, 180, 181, 184, 186, 188, 191, 196, 197, 198, 201, 207, 208, 269.
- Eikern 182, 185.
- Eiprotoplasma 185.
- Eierstöcke 56, 271.
- Eisen 77, 118, 124, 126, 130, 163, 188, 191, 196, 218, 226, 242, 263, 264, 278.
- Eiweiß 83, 84, 85, 86, 87, 108, 110, 111, 112, 115, 124, 128, 134, 135, 180, 182, 185, 194, 195, 196, 218, 220, 237, 244, 246, 277.
- Eiweißbildung 183.
- Eiweißkörper 9, 45, 77, 80, 81, 83, 89, 92, 94, 99, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 115, 116, 118, 120, 121, 123, 124, 126, 128, 135, 144, 145, 146, 148, 174, 181, 182, 183, 218, 239, 268.
- Eizelle 67.
- Elektrotonus 250.
- Elektrolyse 47, 251.
- Elektrolyte 74, 132, 133, 134, 135.
- Elektrone 75, 76.
- Elementarorganismen 11, 170.
- Elemente 8, 11, 31, 43, 46, 55, 57, 59, 92, 94, 106, 110, 118, 126, 141.
- Embryo 204, 206, 208, 209, 218, 227.
- Emulsin 131.
- Endothelien 151, 223, 224, 227, 229.
- Endothelzelle 225.
- Energide 46, 47, 49.
- Energien 24, 25, 26, 27.
- Entwicklungsgeschichte 40.
- Enzym 131, 132, 134.
- Epidermis 114, 215, 275.
- Epidermisschuppchen 114, 273, 275.
- Epidermiszelle 182.
- Epiphysen 141.
- Epiphysengrenze 144, 258, 263, 274.
- Epithel 43, 55, 95, 139, 154, 166, 211, 250, 251, 259.
- Epithellage 199.
- Epithelzelle 158, 160, 162, 164, 167, 171, 172, 200, 203, 216, 222, 224, 229, 237, 244, 245, 263, 270, 271, 272, 273, 275, 276.
- Erhärtungsmittel 145, 146.

- Faeces** 212.
Fäden 55, 85, 127, 152, 153, 159, 162, 165, 169, 185, 188, 190.
Fällung 82.
Fäulnisbakterien 107.
Fasern 159, 166, 238.
Feder 126.
Fermente 29, 108, 113, 115, 127, 128, 129, 130, 134, 135, 150, 179, 211, 212, 213, 215, 219, 268.
Fette 9, 45, 71, 92, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 104, 108, 109, 111, 112, 120, 121, 123, 124, 125, 128, 146, 163, 181, 183, 194, 195, 218, 219, 220, 244.
Fettmembran 195.
Fettsäure 128.
Fettverdauung 219.
Fibrillen 159, 166.
Fibrin 135.
Fibrin ferment 128, 135, 225.
Fibrinogen 225.
Flechten 63.
Fortpflanzung 46.
Furchung 193.

Gärung 40, 41, 108, 127.
Galle 102, 116, 119, 120, 218, 220, 226.
Gallenfarbstoff 116, 163.
Gallengänge 229.
Gallenkapillaren 220.
Gallensäuren 120.
Gallerte 77, 82.
Galvanotropismus 51, 65.
Ganglion 139, 230.
Ganglienzellen 60, 97, 102, 165, 166, 168, 172, 174, 176, 177, 241, 243.
Gastrula 196, 199, 205.
Gastrulbildung 200, 201.

Gefäße 150, 206, 214, 222, 223, 228, 245, 260.
Gefäßbaum 160, 222, 223, 261.
Gefäßhof 208.
Gefäßnerven 37.
Gefäßsystem 193, 222, 224, 262.
Gefäßwand 229, 262.
Gehirn 25, 41, 102, 156, 157, 203, 230, 246.
Gehirntätigkeit 12.
Gerinnung 128, 135, 139, 224.
Gerinnungsfähigkeit 225.
Gerüst 107.
Gerüstsubstanz 106, 148.
Geschlechtscharaktere 269, 272.
Geschlechtsorgane 167, 200, 271, 272.
Geschlechtsprodukte 110, 180, 183, 184, 186, 258, 262, 263, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276.
Geschlechtsreife 258, 263, 272.
Geschlechtszellen 183, 272.
Gewebe 38, 39, 40, 53, 97, 115, 138, 140, 141, 144, 150, 153, 154, 156, 157, 164, 167, 174, 176, 177, 193, 194, 199, 215, 217, 240, 241, 242, 250, 254, 260, 261, 269, 270.
Glandula submaxillaris 155.
Gliazellen 174.
Globulin 116.
Glossopharyngeus 214.
Glutaminsäure 118.
Glutokyrin 108, 182.
Glycylglycin 122.
Glykocholsäure 120.
Glykogen 129, 145, 181, 195, 219, 239, 245.

Glykokoll 114, 120, 121.
Glykosamin 107.
Glyoxaline 182.
Glyoxalinring 124.
Glyzerin 125, 128, 182.
Gorgoin 247.
Granula 55, 168, 169, 170, 171, 172, 174.
Grenzstrang 160, 193.
Grundsubstanz 148, 149, 150, 158, 159, 162, 163, 171, 172, 174, 188, 194, 203, 216, 225, 237, 238, 243, 244, 248, 249, 264, 274, 275.
Guanase 108.
Guanidin 114.
Guanin 113, 124.
Guanylphosphorsaure 125, 182, 189.

Haar 114, 126, 274, 275.
Hämatin 116, 117, 118, 122, 226.
Hämato gen 181.
Hämato phorphyrin 117, 118, 226.
Hämoglobin 38, 98, 106, 116, 117, 118, 119, 218, 232, 233, 239, 240, 242.
Hämoglobinbildung 98.
Hämopyrrol 118, 122, 163.
Häutchen 9.
Harn 37, 112, 113, 115.
Harnröhre 114.
Harnsäure 112, 113, 115, 123, 218.
Harnsekretion 36.
Harnstoff 53, 93, 94, 95, 112, 113, 114, 115, 123, 218, 221, 239.
Harz 120.
Haut 88, 89, 96, 134, 153, 275.
Hautmuskel 141.
Hefe 40, 41, 108.
Heliotropismus 50, 65, 136.

- Herz 37, 39, 155, 160, 205, 206, 219, 220, 221, 222, 223, 226, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 238, 243, 261, 262, 281.
 Herzmuskel 231.
 Heteromorphose 51, 52.
 Hippursäure 112, 114, 120.
 Histidin 108.
 Histone 148.
 Hoden 271.
 Hornhaut 138, 139, 165.
 Hüllen 164, 176, 177, 192, 193, 220, 221, 237, 238, 243.
 Hüllsubstanz 106.
 Hunger 110, 111, 213, 217, 219, 278.
 Hydrobenzol 122.
 Hydrogel 82.
 Hydrosol 82.
 Hydroxylamin 131.
 Hyphen 222.
 Hyphenpilz 262.
 Hypochondrien 222, 223, 224, 225, 226, 229, 231, 232, 233, 238, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 252, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 278, 280, 281.
 Hypochondrien 272.
 Hypophysis 56, 143.
 Imidoharnstoff 114.
 Indolschwefelsäure 112, 114.
 Indol 119.
 Infektion 20, 43.
 Infektionslehre 18.
 Infiltration 219.
 Interzellulärsubstanz 9, 107, 158, 160, 161, 162, 164, 166, 168, 174, 195, 200, 202, 257, 263, 264, 271.
 Jod 246, 247.
 Jodgorgosäure 247.
 Jodothyryl 246, 247.
 Ionen 47, 48, 49, 75, 76, 86, 87, 88, 89, 103, 132, 133, 135, 153, 278.
 Isobutyl 118.
 Isobutylpyrrol 118.
 Isocholesterin 120.
 Isodynamie 111.
 Isomorphie 92.
 Jugend 272.
 Kalkbildungen 206.
 Kalksäckchen 126.
 Kapillaren 37, 38, 39, 101, 102, 117, 150, 219, 220, 223.
 Kapillarelektrometer 85.
 Karbaminsäure 94.
 Karyokinese 189.
 Kasein 125, 135, 182, 275.
 Katalase 108.
 Katalyten 131.
 Kation 47, 75, 76, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 191, 236, 239.
 Keimbläschen 181.
 Keimblätter 144, 158, 160, 161, 162, 179, 188, 199, 201, 203, 204, 211, 212, 213, 216, 217, 222, 225, 228, 259, 260, 263, 264, 271, 272, 273.
 Keimblase 270.
 Keimblattbildung 200.
 Keimepithel 271.
 Keratin 108, 114, 182, 201.
 Kernfäden 147, 174, 185, 188.
 Kernkeimfleck 181.
 Kernkörperchen 31, 174, 181.
 Kernmembran 147.
 Kernquadrille 185.
 Kernteilung 227.
 Kieselsäure 80.
 Kieselsäurebildung 206.
 Kieselsäuregrundlage 222.
 Kieselsaures Kolloid 81.
 Kittsubstanz 153, 224, 231, 234.
 Klasse 4, 22, 24, 75, 109, 128, 259.
 Knochenbildung 156.
 Knochenmark 163, 226, 227, 228, 229.
 Knorpel 8, 107, 158, 257, 258, 260, 261, 263, 274.
 Knorpelzelle 174, 176.
 Koagulation 82.
 Koagulum 85, 87.
 Kohlenhydrate 9, 45, 80, 98, 104, 107, 109, 111, 112, 125, 128, 146, 173, 181, 189, 194, 195, 218, 220, 244.
 Kohlenhydratscheidewand 196.
 Kolloid 17, 18, 28, 76, 77, 80, 81, 82, 92, 99, 103, 189, 247.
 Krasenlehre 40.
 Kreatinin 112, 113, 122, 239.
 Kreislauf 12, 160, 206, 220, 221, 225, 243, 245, 257, 278.
 Kretinismus 64, 246.
 Kriterien des Lebens 27, 22, 23, 28, 30.
 Kristalllinse 126.
 Kristalloid 17, 76, 77.
 Kymatozyten 59.
 Labferment 128, 135.
 Lakkase 108, 130.
 Lebensprozeß Einheit des 3, 5, 11.
 Leber 62, 94, 112, 113, 114, 117, 119, 120, 136, 145, 170, 217, 218, 219, 220, 221, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 245.

- Leberarterie 220.
 Leberinseln 218.
 Leberkapillaren 222.
 Lebervene 225.
 Leberzellen 57, 94, 95, 129, 168, 219, 220, 221.
 Lecithin 45, 107, 109, 141, 163, 170, 181.
 Leim 77, 107, 108, 133.
 Leucin 108, 121.
 Leukocyten 162.
 Lipoid 102, 109, 163, 165, 181.
 Lippmannphänomen 85.
 Lokalisation 157, 158.
 Lunge 240, 241, 242.
 Lupetidin 57.
 Lymphe 37, 88, 139, 238.
 Lymphbahn 165.
 Lymphgefäße 219.
 Lysin 108.
 Magensaft 128.
 Maltase 129, 134.
 Maltose 129.
 Mangan 130.
 Manie 95.
 Markscheide 141, 153, 165, 166, 168, 196, 238, 250, 273, 274.
 Mechaniker 11, 13, 59.
 Medulla oblongata 58, 61, 149, 241.
 Membranen 37, 47, 48, 49, 72, 76, 78, 86, 87, 96, 97, 100, 101, 102, 134, 135, 142, 148, 150, 153, 163, 175, 176, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 207, 209, 236, 237, 239, 243.
 Mesenchym 199, 200, 202, 271.
 Mesenchymbildung 200.
 Mesenchymkeime 199, 201.
 Mikroben 29, 30, 31.
 Mikroorganismen 81, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.
 Gaule, Kritik der Erfahrung vom Leben.

- Ökus 60, 173.
 Olfactorius 214.
 Opticus 214.
 Organ 36, 37, 42, 54, 56, 64, 126, 136, 153, 155, 156, 157, 172, 201, 203, 216, 218, 222, 227, 245, 246, 247.
 Organbildung 206.
 Organtherapie 64.
 Osmose 49, 52, 93, 97, 100, 102, 103, 104, 134, 135, 137, 142, 146, 148, 149, 150, 151, 186, 187, 192, 196, 198, 206, 207, 208, 209, 221, 233, 245, 250, 251, 278.
 Osteomalacie 56.
 Oxime 92.
 Oxydase 108, 129, 130.
 Oxydation 6, 37, 38, 39, 93, 108, 109, 111, 121, 124, 142, 191, 208, 219, 238, 248.
 Oxyhämoglobin 240.
 Ozon 16.
 Pankreas 58, 61, 64, 125, 147, 149, 151, 182, 189.
 Pankreas-saft 128.
 Pankreaszelle 64, 147, 178.
 Parablast 181, 200.
 Paranuklein 125, 182, 275.
 Paraoxyphenylamidopropionsäure 245.
 Paraplasma 148.
 Parasiten 59, 208.
 Parasitismus 10.
 Parthenogenesis 52, 184, 185, 186, 187, 189.
 Pentamethylamin 107.
 Pentosen 125, 182, 189, 196.
 Peptone 128, 146.
 Pepsin 128.
 Periodizität, atmosphärische 65; des Nerven- systems 65; des Stoffwechsels 103.
 Permeabilität 72, 97, 104, 153, 164.
 Pfortader 117, 219, 220, 221, 225, 229.
 Phosphorsäure 108, 125, 126, 143, 188, 189, 190, 191, 196, 248, 275.
 Phosphorvergiftung 57, 168.
 Phytosterin 107.
 Pigmente 163.
 Pilocarpin 58.
 Pilze 63, 91, 106, 108, 222, 223.
 Piperazin 122.
 Piperazinstruktur 107.
 Piperidine 122.
 Placenta 206.
 Plasma 161, 162, 164, 229, 262, 263.
 Plasmahäute 87, 88, 89, 96, 97, 103, 104, 153.
 Plasmodium 262.
 Plasmosoma 58, 61, 64, 147, 148, 149, 150, 169, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 228, 229, 263.
 Platin 128.
 Platin 29, 30, 130, 131, 132, 133.
 Plexus 165.
 Pol 197, 198, 199, 201, 202.
 Polarisation 90, 91, 92, 189.
 Polbläschen 181, 185.
 Pollinodium 223.
 Polypeptide 122.
 Potential 86.
 Potentialdifferenzen 94, 238, 250.
 Potentialunterschied 49, 76.
 Primitivrinne 201, 202, 203, 205, 206, 216, 243.
 Protagon 174, 175.
 Protamine 108, 121, 181, 182.
 Protoplasma 9, 31, 46, 49, 106, 113, 115, 148, 149, 162, 168, 169, 170, 172, 174, 182, 183, 184, 190, 192, 194, 195, 196, 227, 248, 264.
 Ptomaine 107.
 Purin 124.
 Purinbasen 108, 113, 123, 125, 182.
 Purinkörper 123, 125, 182, 196.
 Pyrazine 122.
 Pyridine 122.
 Pyrimidine 123, 124, 182.
 Pyrimidinring 124.
 Pyroglutaminsäure 118.
 Pyrrol 106, 114, 118, 122.
 Pyrrolidine 122.
 Pyrrolkern 118, 163.
 Quecksilbermeniskus 85.
 Quellung 82, 103, 127, 197, 234, 235, 236, 237.
 Rami communicantes 202.
 Reaktionszeit 35.
 Reduktasen 130.
 Reduktion 6, 98, 109, 121, 219.
 Reflexzeit 25.
 Resorption 111, 211, 212, 213, 215, 217, 218, 223, 225, 258.
 Respirationsbündel 241.
 Rheotropismus 65.
 Rhodankalium 123.
 Riesenzellen 227.
 Rückenrinne 202.
 Rückenmark 60, 174, 193, 202, 203, 241.
 Ruhestrom 88, 103.
 Saccharomyces 127.
 Sarkoplasma 232.

- Sarkolemm 166, 230, 231, 238.
- Seele 27, 28.
- Segmente 205, 206.
- Sekrete 116, 149, 150, 151.
- Sekretion 35, 53, 58, 153, 155, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 223, 244, 246.
- Sekretionstheorie 37.
- Selen 168, 170, 171.
- Semipermeabilität 72, 96, 196, 197, 201.
- Sepsis 43.
- Silicium 126, 187, 263, 264.
- Sinnesorgane 215.
- Skatolschwefelsäure 112, 114.
- Speichel 123, 128, 155, 214, 215.
- Speicheldrüse 152, 153.
- Speichelzelle 152.
- Spermatozoen 52, 59, 108, 123, 124, 125, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 191, 269.
- Spermatozoenköpfe 188.
- Spinalganglien 60, 126.
- Spore 31, 222, 223, 224, 231.
- Sproßpilz 127.
- Sublimat 131.
- Submaxillaris 153.
- Suspension 82, 83, 84, 85, 86, 103, 164.
- Symbiose 212, 213, 252, 257, 258, 259, 269, 270.
- Symbioten 212, 213, 216, 222, 223, 224, 243, 255, 260, 262, 266, 267, 270, 272, 279, 280.
- Sympathicus 139, 193, 202, 203, 204, 205, 216, 230, 231, 248.
- Systole 230, 231.
- Scheide 114.
- Scheide, Schwansche 165, 166.
- Scheidewände 46, 54, 87, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 222, 248, 258, 273.
- Scheintot 7, 256.
- Schilddrüse 64, 246, 247.
- Schlaf, Sommer 7, 256.
- Schlaf, Winter 7, 256, 257.
- Schlafen 7, 256, 259.
- Schleim 114, 212.
- Schleimsubstanz 159.
- Schnürringe 250.
- Schwefelgruppe 121.
- Schwefelwasserstoff 131.
- Stärke 128, 268.
- Stereochemie 17, 89, 90, 92, 99.
- Stereotropismus 50.
- Stickstoff 7, 92, 93, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 121, 122, 123, 124, 240.
- Stickstoffhaltig 7.
- Stoffwechsel 9, 103, 106, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 121, 136, 137, 168, 170, 173, 182, 186, 187, 238, 244, 269.
- Stroma 119, 163.
- Strychnin 73.
- Stützgerüst 81.
- Stützsubstanz 199.
- Tannenharz 120.
- Taurin 120, 121, 124.
- Taurocholsäure 120.
- Teilungskoeffizienten 97, 101.
- Tellur 168, 170.
- Terpene 119, 120.
- Tetanus 102.
- Tetanustoxin 102.
- Tetramethylamin 107.
- Theorie, Claude Bernard-sche 5; Darwinsche 3, 4, 264; van t'Hoffs 78; Zellen 8, 9.
- Thymin 125.
- Thymusdrüsen 123.
- Thyreoglobulin 247.
- Thyreoida 56.
- Thyreojodin 246.
- Tonizität 164.
- Toxin 102.
- Traubensäure 90.
- Trikalziumphosphat 126, 163, 188, 189, 190, 191, 228, 248, 263, 273, 274.
- Trigeminus 139, 214.
- Trioxypurin 113, 123.
- Trophik 60, 64.
- Trypanosomen 58, 59.
- Tunicin 107.
- Tyndallsche Phänomen 29, 77, 131.
- Typus des Lebens 28, 31.
- Tyrosin 107, 108, 121, 245.
- Tyrosingruppen 182.
- Tyrosinglycylglycin 122.
- Uracil 123.
- Ursegmente 204, 205, 206, 237, 238.
- Urwirbel 204.
- Urzeugung 40.
- Uterus 206, 209.
- Vacuolen 57.
- Vagus 230, 231.
- Vasomotoren 115.
- Vena anonyma 219.
- Vena centralis 220, 229.
- Venen 37, 141, 220, 223, 226, 228, 229, 231, 262.
- Verdaung 111, 117, 156, 212, 218.
- Verdaungsfermente 211, 214, 215.
- Verdaungskanal 211, 215.
- Vitalismus 38.
- Vorhofscheidewand 168.

- Wachen** 7, 256, 257, 259.
Wachsen 12.
Wachstum 10, 110, 141, 143, 144, 189, 196, 206, 258, 263, 272, 273, 274, 275.
Wanderzelle 95.
Wechselströme 94, 95, 219, 221.
Weinsäure 90.
Wirbel 204.
Wirbelsäule 204, 206.
Wirbeltiere 33.

Zähne 210.
Zellen amöboide 11, 51, 227.
Zellenbildung 208.
Zellengestalt 162.
Zellenhaut 97.
Zellenhüllen 193, 194, 195, 221.
Zellenkräfte 37, 53.
Zellenlehre 11.
Zellenleib 148, 149.
Zellenmembran 98, 149, 162, 194, 201, 222.
Zellenorganismen 8.
Zellen perigene 95.
Zellen endogene 95.
Zellenschema 20.
Zellenteilung 10, 139, 189, 273, 274.
Zellentheorie 8, 9, 20.
Zellenveränderung 19.
Zellenvermehrung 273.
Zellenwand 8, 9, 46, 222, 229.
Zellularpathologie 18, 19, 20.
Zellularphysiologie 18.
Zellulose 9, 107, 195.
Zentralkanal 205.
Zentralisation 31, 58, 64, 155, 157, 158, 160, 161, 171, 172, 173, 177, 205, 206, 242, 249.
Zentralnervensystem 56, 61, 64, 155, 160, 174, 193, 205, 213, 216, 217, 246, 247, 250.
Zentrosoma 191, 228.
Zone 86.
Zonentheorie 86.
Zoide 222, 223, 224, 225, 226, 228, 229, 231, 232, 233, 238, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 278, 281.
Zoon 273.
Zotten 208, 209, 212.
Zwerchfell 141.
Zwischenscheiben 166.
Zwischenwirbelscheiben 206.
Zyklus 21, 23, 28, 30, 31, 32, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 104, 105, 109, 110, 182, 183, 213, 254, 269, 270, 272.
Zymogenkörner 58, 134, 147, 148, 149, 150, 153, 155, 171, 214.
Zymose 149.

Kritik
der
Erfahrung vom Leben

von

Justus Gaule

o. Prof. der Physiologie in Zürich.

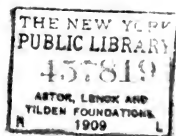
Zweiter Band:

Synthese.

Leipzig

Verlag von S. Hirzel

1909.



Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig.

Vorwort.

Dreierlei Vorwürfe erwarte ich, wenn man die folgende Darstellung liest, denn ich verdiene sie. Erstens schein ich oft zu vergessen, daß es sich nur um eine Hypothese handelt. Ich spreche, mit einer Bestimmtheit, als hätte ich festgestellt, daß es sich wirklich um einen solchen Aufbau handle. Zweitens wiederhole ich oft Auseinandersetzungen, die ich früher schon gebracht. Drittens verfolge ich die Hypothese, die ich bringe, nicht weit genug, nicht bis zu dem Punkte, wo sie wirklich einen Nutzen gewährt.

Was soll ich zu meiner Verteidigung sagen? Zu dem ersten Punkte möchte ich anführen, daß es nur darauf ankommt, einen Unterschied deutlich zu machen, der mir selber am meisten auffiel. Es gibt Auseinandersetzungen, in denen mir die Durchführung meiner Hypothese leichter fiel, und andere, in denen mich die seitherigen Forschungen im Stiche ließen. In den ersteren rede ich zuversichtlicher, in den letzteren weniger. Das hindert aber nicht, daß mir der hypothetische Charakter des Ganzen fortwährend bewußt war. Namentlich habe ich keinen Augenblick vergessen, daß diese Hypothese eben nur einem gewissen Standpunkt des Wissens entspricht.

Zweitens möchte ich sagen, daß wie die Natur wiederholt, so auch die Darstellung der Natur wiederholt, weil sie nach bestimmten Gesetzen an immer komplizierteren Einheiten die Zusammenfügung zu neuen Organismen bewirkt. Die Darstellung versucht dem zu folgen, aber vielleicht gelang es ihr nicht, das immer neue Bild anschaulich zu gestalten. Wenn sie die gleichartigen Züge wiederholte, anstatt größeres Gewicht auf die Ungleichheiten zu legen, so liegt das an dem Erlahmen der Feder

Recherch Aug. 9, 1909 # 1.26

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
I. Abteilung. Der Aufbau der lebenden Wesen.	
I. Unterabteilung. Biatome, Biomoleküle, Bioradikale 1—29.	
1. Kapitel. Einleitung	1
2. „ Biatome	5
3. „ Warum haben lebende Wesen einen Körper?	10
4. „ Ernährung und Erhaltung	14
5. „ Biomoleküle	17
6. „ Die Rolle des Fettes im Biatom und Biomolekül	20
7. „ Bioradikale	25
II. Unterabteilung. Symbiosen 29—77.	
1. Kapitel. Allgemeines	29
2. „ Zusammenfassung und Symbiose	33
3. „ Mikrokokken	35
4. „ Spaltpilze	41
5. „ Ungleichartige Biatome im Biomolekül	50
6. „ Symbiose bei den Sproßspitzen	54
7. „ Fadenpilze.	63
8. „ Biatome gegenübergestellt den Biomolekülen	73
III. Unterabteilung. Hyphoid und Zooid 78—102.	
1. Kapitel. Was sind Hyphoid und Zooid eigentlich?	78
2. „ Die Verteilung auf Hyphoid und Zooid	82
3. „ Anorganische und organische Gruppen	86
4. „ Die Rolle des Phosphors und des Schwefels	91
5. „ Eisen	94
6. „ Aktive Gruppen.	96
7. „ Biatome gegenübergestellt den Bioradikalen	100
IV. Unterabteilung. Lebensäußerungen 103—116.	
1. Kapitel. Der Lebenszyklus	103
2. „ Verschiedene Biomoleküle	107
3. „ Gesamtleben	112

II. Abteilung. Der Wirbeltierorganismus.**I. Unterabteilung. Die Symbiose im Wirbeltier 117—136.**

1. Kapitel.	Um was handelt es sich?	117
2. "	Bioradikale des Wirbeltiers	120
3. "	Trophik	124
4. "	Zyklen im Zyklus	128
5. "	Gemeinschaftlichkeit des Zyklus	132
6. "	Die Symbiose der Symbioten	134

II. Unterabteilung. Der Aufbau 137—171.

1. Kapitel.	Befruchtung und Teilung	137
2. "	Keimblätter	141
3. "	Zelle	149
4. "	Bindegewebe	152
5. "	Knorpel und Knochen	157
6. "	Muskeln	159
7. "	Verschiedenheit der Gewebe	164
8. "	Zusammenfassung und Geschlechtsprodukte	167

III. Unterabteilung. Funktionen 172—205.

1. Kapitel.	Resorption und Sekretion	172
2. "	Fermentbildung und Fermentwirkung	177
3. "	Innere Sekretion	183
4. "	Atmung	188
5. "	Empfindung und Bewegung	191
6. "	Leber	194
7. "	Blutbildung und Bluterstörung	199
8. "	Stoffwechsel	203

IV. Unterabteilung. Zentralisation 206—244.

1. Kapitel.	Zusammenhang	206
2. "	Wie vollzieht sich die Zentralisation?	210
3. "	Die Unvollständigkeit der Symbioten	215
4. "	Entstehung	219
5. "	Reise durch den Organismus	226
6. "	Zentralisation in den Geschlechtsprodukten	229
7. "	Möglichkeit der Vererbung	231
8. "	Ökus der Zellen und das Gesetz des Aufbaus	235
9. "	Die Verschiebung	237
10. "	Der Unterschied der Geschlechter	242

Nachwort	245
--------------------	-----

Namenregister	247
-------------------------	-----

Sachregister	247
------------------------	-----

I. Abteilung.

Der Aufbau der lebenden Wesen.

I. Unterabteilung. Biatome, Biomoleküle, Bioradikale.

I. Kapitel. Einleitung.

Der erste Band behandelte die Analyse des Wirbeltierorganismus. Nicht die Gewebe, nicht die Zellen sind die Einheiten, auf die sich das Leben des Wirbeltiers zurückführen läßt, sondern die Symbioten. Die Zellen, die Gewebe sind wohl die Einheiten der Leiche, aber nicht des lebendigen Organismus. Was im Leben vor sich geht, was das Leben begründet, vollzieht sich zwischen den Symbioten. Nicht um eine Zellularphysiologie handelt es sich, sondern um eine Physiologie der Symbioten.

In allem, was lebt, steckt dieselbe Grundlage, sagte der erste Band weiter. Überall handelt es sich bei dem Leben um den gleichen Prozeß, der sich entsprechend den verschiedenen Lebensäußerungen modifiziert, der aber, wie schon Claude Bernard ¹⁾ zeigte, überall derselbe ist. Vielleicht gibt es in der Natur eine Parallele zwischen den belebten und den unbelebten Körpern. Vielleicht ist das, was wir an den unbelebten Körpern bereits erkannt haben, ein Wegweiser, um die belebten zu verstehen. Wie uns die chemische Analyse zeigt, daß in allen den unbelebten Körpern die gleichen Elemente drin stecken, so gelingt es viel-

¹⁾ Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux*. Paris 1878.

leicht auch zu ermitteln, daß in den belebten Körpern überall die gleichen Symbioten stecken. Ja, werden die Elemente des belebten Körpers nicht dieselben sein? Ich habe mich schon an mehreren Orten darüber ausgesprochen, und ich will hier nicht wiederholen¹⁾. Auf die Symbioten führte die Analyse das Leben zurück, und aus den Symbioten soll die Synthese den Wirbeltierorganismus wieder aufbauen. Um das zu verstehen, müssen wir zunächst uns nicht bloß in diesem, sondern im Gesamtbereich der lebenden Wesen umsehen, und wir müssen überall als Wegweiser das, was uns die Kenntnis der unbelebten Wesen zeigte, benutzen. Nicht als doppelt geartet betrachten wir die Natur, sagte schon der erste Band¹⁾, sondern das Reich des Lebens nur als eine höhere Verwirklichung von dem, was das Reich des Nichtlebens bietet. So verstehen wir wohl, wie der Aufbau aus einer Anzahl von Atomen uns das Verständnis der organischen Körper erleichtert. Wir verdanken der chemischen Analyse die Erkenntnis, daß die Kohlenhydrate aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einem bestimmten Mengenverhältnis entstehen. Wir können die Reaktionen des Zuckers aus der Gruppierung dieser Atome zu Alkohol-, Aldehyd-, Ketongruppen ableiten. Wir können in letzter Instanz vermöge aller dieser Daten die Zucker synthetisch herstellen. Aber andererseits, haben wir denn nicht eine physiologische Chemie? Hat uns dieselbe nicht in bezug auf eine große Anzahl von Substanzen, die in den lebenden Wesen vorkommen, eben diesen Aufbau bereits gelehrt? Sind wir damit dem Verständnis des Lebens irgendwie näher gekommen? Würde auch ein vollkommener physiologischer Chemiker, d. h. ein solcher, der von allen Substanzen, die im lebenden Körper vorkommen, die Zusammensetzung kennt, der eine genaue quantitative Liste dieser Substanzen aufstellen kann, würde der auch ein Lebewesen darstellen können? So löst die physiologische Chemie, die Kenntnis des Aufbaus der lebenden Körper aus Atomen, das Rätsel des Lebens auch nicht auf. Worin liegt der Fehler oder besser gesagt das Ungenügende des Verfahrens? In dem Mangel eines Mittelgliedes, welches sich zwischen den belebten und den unbelebten Wesen einschiebt. Den belebten muß auch eine Einheit

¹⁾ Kritik der Erfahrung vom Leben, Bd. I S. 24 u. folg.

zugrunde liegen wie den unbelebten. Vielleicht auch sind es mehrere Elemente, wie wir sie aus der Chemie der unbelebten Wesen kennen. Diese Elemente aber müssen die charakteristischen Eigentümlichkeiten des Lebens zeigen, wie ich sie im Band I namentlich S. 21 ff. besprach. Aus ihrer Zusammensetzung gehen dann die höheren Lebewesen hervor, von ihnen hinauf geht das Reich des Lebens, von ihnen hinab das Reich des Unbelebten. Sie müssen aus dem Unbelebten hervorgehen, aber sie müssen dieses Unbelebte in einer Weise vereinigen, daß daraus die Eigentümlichkeiten des Lebens hervorgehen. Ich will für diese Elemente den Namen Biatome wählen, weil sie in ähnlicher Weise der Zusammensetzung der lebenden Körper zugrunde liegen, wie die Atome der Zusammensetzung des Unbelebten. Ich fürchte nicht, daß man Biatome mit Atomen verwechselt. Der Name zeigt schon, daß man es mit einer höheren Art von Einheit zu tun hat. Wohl aber hege ich eine Besorgnis. Man wird verlangen, daß man sich eine deutliche Vorstellung von einem Biatom machen könne. Im Grunde können wir uns auch von einem Atom keine Anschauung machen, und Naturforscher und Philosophen streiten darüber, was es sei. Bei einem Biatom kommt dazu, daß es Grundlage des Lebens sein soll. Und das Leben ist eben das Veränderliche. So muß auch das Biatom das stets sich Ändernde sein. Höchstens können wir einen Zustand des Biatoms erfassen und sehen, wie dasselbe sich auflöst. In ihm werden die Atome stecken, natürlich in großer Anzahl. Welche Atome? Das Charakteristische des Biatoms ist, daß ganz bestimmte chemische Atome in dasselbe eingehen, daß ein ganz bestimmtes Gesetz die Gruppierung dieser Atome regiert und wieder ein ganz bestimmtes Gesetz der Verbindung der einzelnen Zustände des Biatoms, d. h. der Umgruppierung der in ihm enthaltenen chemischen Atome vorsteht. Wie es nun ein solches Gesetz gibt, welches die Gruppierung innerhalb des Biatoms überwacht, so gibt es andere für die Gruppierung der Biatome innerhalb der lebenden Wesen. In der unbelebten Natur nennen wir solche Gruppen, soweit sie selbständig sind, Moleküle. So wähle ich auch für eine solche Vereinigung von Biatomen den Namen Biomoleküle. Alle selbständigen Lebewesen sind demnach in erster Linie Biomoleküle, wie alle unbelebten Wesen in erster Linie Moleküle sind.

Hier muß noch etwas einsetzen, was die Biatome betrifft. So unvollkommen die Anschauung auch immer sei, wenn man von ihnen aus das Reich der lebenden Wesen aufbauen will, wird man sich doch eine Vorstellung von diesem Element entwerfen wollen. Die Biatome sind unbekannt, so gut wie es die Atome sind. Sie haben keine selbständige Existenz, so wenig wie die letzteren. Aber indem man die Leiter der Biomoleküle herabsteigt bis zu den allereinfachsten, möchte man vielleicht etwas finden, was zu einer Anschauung führen könnte. Die Biomoleküle sind sichtbar, sie haben eine Gestalt. Müßte nicht die einfachste dieser Gestalten, der Mikrokokkus, von dem wir bald sprechen werden, uns zu einer Anschauung führen? Kann es etwas Einfacheres als die Kugelgestalt geben? Wenn wir eine solche Frage beantworten wollen, dürfen wir zweierlei nicht aus dem Auge verlieren.

Auch die Symbioten sind Biomoleküle, insofern sie selbständig sind. Man erkennt gleich, es gibt zweierlei Arten von Biomolekülen, wie es zweierlei Arten von Molekülen gibt. In bezug auf die letzteren unterscheiden wir solche, die aus der gleichen Art von Atomen zusammengesetzt sind, wie die Moleküle der Elemente, und solche, welche aus ungleichartigen Atomen bestehen, wie die Moleküle der Verbindungen. Die der Symbioten sind solche Biomoleküle, die aus ungleichartigen Biatomen bestehen. Nun sind aber die Symbioten nicht bloß Biomoleküle, sie sind eben nicht bloß selbständige Lebewesen, sondern auch Teile höherer Organismen. Als solche, als Symbioten, haben wir sie kennen gelernt. Wir erinnern uns da aus der Chemie wieder, wie wir bestimmte Atomgruppen, die auch für sich eine Existenz haben können, eingefügt haben in einen komplizierteren Körper. So sind in einen Zucker eingefügt die Alkoholgruppe, die Aldehyd- oder die Ketongruppe. Sie haben ein oder zwei Wasserstoffatome verloren, um die Valenzen zu gewinnen, durch die sie sich einfügen. Wenn sie diese Wasserstoffatome wiedererlangen, werden sie selbständig, werden sie Moleküle. Solange sie eingefügt sind, nennen wir sie Radikale. So sind die Symbioten auch, wenn sie Teile eines höheren Organismus bilden, wenn sie eingefügt sind; wenn sie etwas verloren haben, um sich einzufügen, Bioradikale, wenn sie das Verlorene wiedergewinnen und selbständig werden, Biomoleküle.

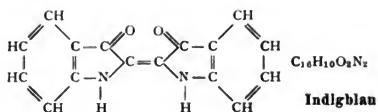
2. Kapitel. Biatome.

Die Biatome sind also die Mittelglieder zwischen Belebtem und Unbelebtem. Einerseits haben sie die Grundeigenschaften des Lebens. Sie entsprechen den Kriterien des Lebens und dem Typus des Lebens. Andererseits gestattet das Biatom eine Zurückführung auf die Atome, die dem Unbelebten zugrunde liegen, und läßt erkennen, wie aus deren Eigenschaften sich die Eigentümlichkeiten des Lebens erklären lassen.

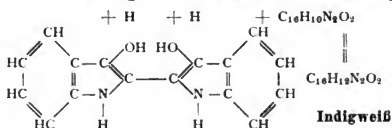
Das Kapitel über den Typus des Lebens im ersten Band beginnt nun mit den Worten: „Fassen wir die Kriterien des Lebens zusammen, so sehen wir, daß, was lebt, dadurch charakterisiert wird, 1. daß es den Kräften der Außenwelt gegenüber nicht unverändert bleibt; 2. daß seine inneren Kräfte in ihm einen Zyklus durchlaufen, durch den es dem Stoff wie der Kraft nach immer wieder erneuert wird.“ Stehen nicht auch diese beiden von den Kriterien übriggebliebenen Charakteristiken noch in einem inneren Zusammenhang? Gibt es nicht wirklich eine einzige Vorstellung oder Tatsache, durch die das Leben charakterisiert wird, nämlich die eines Zyklus, der unter der gemeinschaftlichen Wirkung der inneren wie der äußeren Kräfte durchlaufen wird?

Ein solcher Zyklus muß der des Biatoms sein, das allem Leben zugrunde liegt. Es muß innere Kräfte entfalten, durch die es fortwährend verändert wird, und es muß so in die Welt eingepaßt sein, daß die in ihr wirkenden äußeren Kräfte es nach all diesen Veränderungen zum Ausgangspunkt zurückführen.

Die inneren Kräfte, die das Biatom entwickeln kann, sind die Kalorien, die sich entwickeln aus der Sättigung der Affinitäten von Kohlenstoff und Wasserstoff zum Sauerstoff. Den letzteren liefert die Atmung, die ersteren die Ernährung. Die so bewirkte Oxydation liefert die Kräfte, durch welche das lebende Wesen sich behauptet, und sie bewirkt die Veränderung des lebenden Wesens. Das Biatom schon soll unter der gemeinschaftlichen Einwirkung der inneren und äußeren Kräfte einen Zyklus durchlaufen. Ich will zunächst einmal ein Beispiel geben, wie ich mir das denke. Ich entnehme es der bekannten Mulderschen Zuckerprobe. Dieses ist das Molekül des Indigblau.



Hier entnimmt der Zucker unter dem Einfluß der Wärme ein Atom O. Genauer, der Traubenzucker entnimmt unter dem Einfluß der Wärme den O dem Wasser, das er bei Gegenwart des Indigos zersetzt, und verwandelt sich in $C_6H_{12}O_7$, indem er seine Aldehydgruppe in eine Karboxylgruppe umwandelt. Die beiden H-atome aber gehen an das Indigoblau und wandeln es in Indigweiß um.



Dann aber tritt die Abkühlung ein, und man schüttelt mit Luft. Die beiden H, die eben an das Indigoblau getreten sind, werden wieder frei. Die Lösung bläut sich wieder. Mit dem O der Luft bilden die beiden H wieder H_2O , und das Indigoblau regeneriert sich. In den beiden Stadien dieser Probe hat man die Abwechslung der Wirkung beider Kräfte. Während der Erwärmung oxydiert sich der Zucker. Seine Affinitäten von C und H zum O liefern die inneren Kräfte. Im zweiten Stadium dagegen tritt der Sauerstoff der Luft auf, die Kräfte der Umgebung, die äußeren Kräfte wirken und stellen den früheren Zustand wieder her. Das ist das Leben. Solange immer Zucker zugeführt wird, wiederholt sich der Vorgang. Das Indigoblau, das lebende Wesen, bleibt intakt. Aber dieses Beispiel ist höchst unvollkommen. Wir sind es, die abwechselnd erwärmen und mit Luft schütteln, eine fremde, äußere Einmischung. In dem lebenden Wesen vollzieht sich dieses Durchlaufen des Zyklus ohne uns. Vollzieht es sich ganz ohne äußere Einmischung? Ist ein Leben denkbar ohne eine Welt, die von Kräften durchzogen ist? Früher habe ich versucht zu zeigen, daß dies unmöglich ist.¹⁾ Hätte man bloß

¹⁾ J. Gaule, Der periodische Ablauf des Lebens. Pflügers Archiv Bd. 87, 1907.

Kräfte der einen Art, so wäre ein Zyklus unmöglich. Erwärmen und Abkühlen heißt es in unserm Beispiel. Beim Erwärmen entfalten sich die inneren Kräfte, die Verwandtschaften des Traubenzuckers zum Sauerstoff des Wassers, beim Abkühlen die äußeren, die des Sauerstoffs der Luft zum Wasserstoff des Indigweiß. So muß es auch im Leben einen Gegensatz der inneren und äußeren Kräfte geben, unter dessen Wirkung die chemischen Atome des Biatoms ihren Zyklus durchlaufen. Freilich wie diese inneren Kräfte nur die allgemeinsten sind, die bei der Sättigung der Verwandtschaften zum Sauerstoff sich entfalten, so können auch die äußeren nur die allgemeinsten sein. Sie müssen von jedem Einzelwesen unabhängig, sie müssen ganz allgemein an der Erdoberfläche verbreitet, sie müssen die kosmischen Kräfte sein. Licht, Wärme, Elektrizität habe ich schon früher als solche namhaft gemacht.¹⁾

Aber nun tritt an das Biatom eine neue Forderung heran, die der Abwechslung. Wir haben in unserm Beispiel abwechselnd erwärmt und abgekühlt. Tun das die kosmischen Kräfte nicht auch? Gibt es nicht Tag und Nacht, Sommer und Winter, Elektrizitätsmaxima und -minima? Gewiß, aber das Leben ist doch nicht davon allein abhängig, es wechselt doch rascher. Wir müssen nicht warten, wenn wir einen Arm ausgestreckt haben, bis die kosmischen Kräfte sich ändern, um ihn wieder einzuziehen. Das heißt, es muß in den Biatomen selbst etwas drin stecken, was ihr Verhalten den kosmischen Kräften gegenüber abwechselnd gestaltet. Sie müssen zweierlei Arten von Bestandteilen enthalten, die den kosmischen Kräften gegenüber entgegengesetzte Rollen spielen. Hat der eine Bestandteil sich verändert, so kommt der andere zur Wirkung. Wie ist das möglich? Nehmen wir als kosmische Kraft die Elektrizität. Ist es nicht eine eigentümliche Erscheinung, daß in der Klasse der chemischen Verbindungen, die wir kennen, ein verschiedenes Verhalten gegenüber derselben auftritt. Eine Elektrolyse trennt uns sicher Na von Cl, aber sie trennt uns nicht C von H. Wir nennen im allgemeinen die Verbindungen, die durch die Elektrizität gespalten werden, die anorganischen, die durch die Elektrizität nicht

¹⁾ Ders., Kritik der Erfahrung vom Leben, I 62.

gespalten werden, die organischen. Solche organische Verbindungen treffen wir aber in den lebenden Wesen überall neben den organischen. Liebig¹⁾ hat gezeigt, daß das organische Leben nur gedeihen kann, wenn anorganische Salze bestimmter Art zugegen sind. Ist das ein Zufall? Oder existiert eine Verbindung irgendwelcher Art zwischen den organischen und den anorganischen Bestandteilen der lebenden Wesen? Wenn diese Verbindung dem Leben zugrunde liegt, so muß sie schon im Biatom angelegt sein. Wir haben auch schon eine Beziehung kennen gelernt, in der die organischen und anorganischen Bestandteile voneinander abhängig sind. Als wir im ersten Bande S. 47f., 86f. von den Ionen sprachen, d. h. von den elektrischen Zerfallsprodukten der anorganischen Moleküle, sahen wir, daß die kolloidale Suspension der Eiweißkörper an sie geknüpft ist. Die kolloidale Suspension der Eiweißkörper ist aber, wie wir auch sahen, so charakteristisch für das Leben, daß sie sicher im Biatom vorhanden sein muß. Die beiden sind nebeneinander, die anorganischen Moleküle in Ionen getrennt, die organischen in Gruppen (kolloidal) vereinigt. Die beiden stehen unter einer kosmischen Kraft, der Elektrizität.

Aber ist das Biatom nicht abgetrennt für sich? Was hat man als ein Biatom aufzufassen? Gewiß, anorganische und organische Moleküle gehören zusammen, aber wie weit dehnt sich das Biatom aus, was isoliert es von seinen Nachbarn? Es muß doch noch etwas dazugehören, wenn es ein abgeschlossenes Element sein soll. Freilich mit gleichartigen Elementen wird es sich vereinigen können, wie die Moleküle sich vereinigen im Kristall, aber bei dem Übergang zur Tätigkeit muß es sich doch wieder isolieren. Und ist dieser Übergang eine Lösung oder nicht? Für den einen Teil ist es eine Lösung, für den anorganischen, für den andern Teil, den organischen, ist es eine Suspension, wenn anders wir den Zustand des Biatoms, wie es in den lebenden Wesen vorkommt, als den tätigen ansehen. Aber Geduld, warum wandern in diesem Zustand die gelösten Teile nicht immer weiter, da doch die Lösung auf Schwingungen

¹⁾ Liebig, J. v., Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, 1840.

der echt gelösten Ionen und Moleküle beruht. Und wenn das lebende Wesen in einem Meer schwimmt, warum wandern sie nicht in dieses hinaus? Warum fällt das Eiweiß, nachdem die Ionen, die es in Suspension erhielten, es verlassen, nicht nieder? Man sieht, da dies nicht geschieht, daß eine Einrichtung vorhanden sein muß, die verhindert, daß die echt gelösten und die kolloidalen Teile des Biatoms sich trennen. Das Biatom muß mit einer Hülle umgeben sein, welche die echt gelösten Teile nicht durchläßt. Da die echte Lösung eine Lösung in Wasser wird, so muß diese Hülle ganz allgemein genommen fettähnlicher Natur sein. Wo stammt es her, dieses Fett? Gehört es auch zum Biatom? In dem Zustand, in dem wir das Biatom sahen, verbleibt es nur einen Augenblick. Sein Grundprinzip ist die Veränderlichkeit, und es muß einen Zyklus durchlaufen. Anorganische wie organische Atomgruppen, die in ihm enthalten sind, müssen sich ändern. Die anorganischen werden nicht mehr in die Ionen zerfallen und die organischen? Sie werden nicht mehr in die Aminosäuren und die Aminobasen, die Grundlagen der Eiweißkörper, gruppiert sein, sondern in die zweite Form, die wir aus der physiologischen Chemie kennen, die Nukleine einerseits, die Hüll- und Gerüstsubstanzen, die Kohlenhydrate und Fette andererseits.

Erstens, die Biatome setzen nicht bloß die einfachen, sondern auch die komplizierteren Lebewesen zusammen. Es müssen in ihnen nicht bloß die Kugelform, sondern alle Grundformen, welche auch die höheren Biomoleküle bilden, vorkommen. Das wären außer der Kugel noch der Halbmond, das Stäbchen, die Platte. Da das Biatom veränderlich ist, so könnte es den Zyklus aller dieser Formen¹⁾ durchlaufen.

Zweitens, die Biomoleküle sind zusammengesetzt in einer doppelten Weise. Sie sind zusammengesetzt aus einer Anzahl von Biatomen, und sie sind zusammengesetzt aus verschiedenen Stadien des Zyklus des Biatoms²⁾. Was in ihnen als eine einfache Form, als Kugelform erscheint, kann sich in Wirklichkeit als eine Kombination nach der einen und nach der anderen Richtung hin erweisen.

¹⁾ Vergleiche das folgende Kapitel.

²⁾ Ebenso.

Diese Änderung in der chemischen Zusammensetzung mag in einer gewissen Beziehung stehen zu der Änderung in der Gestalt, von der ich im ersten Kapitel sprach. Wenn sich Fett und Eiweiß im Verlauf der chemischen Umsetzung entwickeln, mag die Gestalt der Biatome eine andere sein, als wenn sich Nuklein und Kohlenhydrate entwickeln. Wiederum aber mag die Gestalt sich ändern, wenn die stickstoffhaltigen Bestandteile die Oberhand gewinnen. Das Nuklein und das Eiweiß oder die Stickstofffreien, die Kohlenhydrate und die Fette.

Zwei Momente stehen so in dem Leben des Biatoms einander gegenüber gruppiert. Der eine sieht es mit den organischen Substanzen als Eiweißkörpern, den anorganischen zerfallen in die Ionen; der andere mit den organischen Substanzen zerfallen in Nukleine und Hüllen, den anorganischen vereinigt in Molekülen. Beide Momente sind nur Einzelzustände des sich umwandelnden Biatoms, beide sind verbunden durch das Gesetz, welches dem Leben zugrunde liegt, beide gehen ineinander über unter dem Einflusse der kosmischen Kräfte.

Aber ich spreche da, als gäbe es nur *ein* Biatom? Wäre das möglich? Die Einheit des Lebensprozesses in den verschiedensten Lebewesen ermuntert das zu glauben. Und doch macht die Mannigfaltigkeit der Lebewesen das wieder unmöglich. Wenn die belebte Natur sich im Spiegel der unbelebten erklären lassen soll, muß es verschiedenartige Biatome geben, wie es verschiedenartige Atome gibt.

3. Kapitel. Warum haben lebende Wesen einen Körper?

Schon im ersten Band S. 102 habe ich diese Frage aufgeworfen. Jetzt aber kehrt sie mit doppelter Gewalt zurück. Denn wenn die Biatome die Einheit des Lebens bilden und wenn das sie bestimmende Gesetz in einer Umgruppierung ihrer Atome besteht, so fragt man sich, warum das nicht am besten in einer Lösung geschehe, wo die Atome sich wirklich frei bewegen können. Der Satz: „Corpora non agunt nisi soluta“ klingt immer in die Ohren! Aber schon das vorige Kapitel hat auf eine gewisse Beschränkung dieses Satzes aufmerksam gemacht, die für die

Biatome gilt. Sie stehen nicht bloß unter dem Einfluß innerer, sondern auch unter dem äußerer Kräfte. Sind die ersteren, die Sättigung der Verwandtschaften von C, H und O, chemischer, so sind die letzteren, Wärme, Licht, Elektrizität, physikalischer Natur. Eine Eigentümlichkeit der letzteren aber ist es, daß sie nicht nur, wie die ersteren, auf isolierte Moleküle, sondern auf Gruppen derselben, auf Körper wirken. Wir begreifen so, wie die lebenden Wesen, dem einen wie dem andern Wirken ausgesetzt, bestehen müssen aus Biatomen, die an der Grenze der beiden Zustände, der Lösung wie der Ausscheidung, verharren. Das ist eine Notwendigkeit, das Durchlaufen der Kette von Veränderungen, welche die verschiedenen Zustände verbindet, beruht darauf, daß bald die inneren, bald die äußeren Kräfte zur Wirkung kommen. Das ist aber nur möglich wegen des verschiedenen Verhaltens der organischen und der anorganischen Bestandteile. Vorhin haben wir uns einen Zustand des Biatoms vergegenwärtigt, in dem die Eiweißkörper kolloidal suspendiert, die Salze echt gelöst waren. Es ist das im Grunde das Gegenteil von dem, was wir gegenwärtig aussagten, denn nach dem Vorhergesagten müßte man erwarten, daß die anorganischen Gruppen des Biatoms den physikalischen Kräften ausgesetzt, also ausgeschieden oder suspendiert seien, die organischen dagegen gelöst. Ist das nun wirklich der Fall? Vorhin haben wir zwei Zustände unterschieden, die einander entgegengesetzt waren und die eine Kette von Variationen verband. Den einen Zustand haben wir eben erwähnt. In dem andern waren die organischen Bestandteile zerfallen in Nukleine und Hüllsubstanzen, die anorganischen vereinigt in Moleküle. Eben die physikalischen Kräfte sollen aus dem einen Zustand überführen in den andern, indem sie an den anorganischen Substanzen angreifen. Aber sind diese anorganischen Substanzen im Wasser wirklich ausscheidbar? Jene, welche, getrennt in die Ionen, die Eiweißkörper suspendiert enthielten, die Alkalisalze können nicht ausscheiden bei Gegenwart von Wasser. Enthalten die lebenden Wesen noch andere anorganische Bestandteile? Schon lange hat es die Aufmerksamkeit der physiologischen Chemiker auf sich gelenkt, daß wir fast keine Substanz, vor allem keinen Eiweißkörper ohne Aschenbestandteile aus den lebenden Wesen erhalten. Ein aschenfreies Eiweiß wurde einmal mühevoll von

E. Harnack¹⁾ dargestellt; es zeigt, daß die Asche nicht notwendig zu den Bestandteilen des Eiweißes gehört, es zeigt aber nicht, daß in den lebenden Wesen das Eiweiß ohne Asche vorkommt. Sind diese Aschenbestandteile nun einfach dem Eiweiß beigemischt, weil sie daneben in den lebenden Wesen sich finden und, wenn man das Eiweiß auszieht, mit ausgezogen werden? Das war die erste Auffassung, und sie erschien begründet durch den Umstand, daß die Mengenverhältnisse von Asche und Eiweiß wechselten, und zwar nicht in einfachen, geraden Zahlen, sondern in scheinbar beliebiger Weise. Um eine einfache Verbindung nach Äquivalenten konnte es sich also nicht handeln. War damit jegliche Verbindung überhaupt ausgeschlossen? Warum war es so schwer, die Asche durch Diffusion loszuwerden? Warum wechselte bei den Eiweißkristallen die Asche zwischen dem genuinen und koagulierten Zustand, wie A. Michel²⁾ fand. Bei den Kristallen (die man mit Ammonsulfat herstellte) konnte man die Verunreinigung ausschließen, aber die Asche war auch in ihnen vorhanden. Daß sie einen charakteristischen Bestandteil bildete, zeigte der Umstand, daß sie in ihrem Prozentgehalt wechselte, als man die Eiweißkristalle aus dem genuinen in den koagulierten Zustand überführte. Dabei aber änderte sich die Kristallform nicht, was sie doch hätte tun müssen, wenn die Asche ein nach Äquivalenten gebundener Bestandteil gewesen wäre. Das weiß man, denn man kennt auch Eiweißkristalle, in denen anorganische Bestandteile nach bestimmten Äquivalentverhältnissen gebunden sind, die Alonuratkristalle z. B. Eine sonderbare Rolle, die diese anorganischen Bestandteile gegenüber dem Eiweiß spielen. Manchmal gehen sie in eine feste chemische Verbindung mit dem Eiweiß ein, dann aber sind sie wieder in einer eigentümlichen Verbindung mit demselben in den lebenden Wesen enthalten, einer Verbindung, die sich nicht nach einfachen geraden Zahlen ordnet, die vielleicht auch mannigfaltig ist und doch wieder nicht rein willkürlich. Diese Verbindung ist locker, und doch hat sie wieder ein gewisses Beharrungsvermögen, sie ist nicht eine Beimischung. Wenn wir uns vor Augen halten, was wir bereits

¹⁾ Harnack, E., Aschenfreies Albumin. Berl. Ber. 1889. 16. 1890/1892.

²⁾ Michel, A., Zur Kenntnis der Gärber'schen Serumalbuminkristalle. Warzb. 1898.

aus dem vorigen Kapitel wissen über die Beteiligung der anorganischen Gruppen an dem Aufbau des Biatoms und an der Bedeutung dieser Beteiligung für den Zyklus, so können wir nicht im Zweifel sein, auch diese Aschenbestandteile gehören zu den lebenden Wesen. Unter diesen Aschenbestandteilen finden sich aber Salze des Kalks und der Magnesia. Es findet sich dabei, was man lange als eine fremde Beimengung betrachtet hat, die Kieselsäure. Man hat sie als eine fremde Beimengung betrachtet, weil man an das Glas, das bei der Präparation gebraucht wurde, an den Staub, der auf das Präparat fiel, dachte, als die Ursachen dieser Beimengung. Seit den Untersuchungen von Schulz¹⁾, die mit allen Kautelen angestellt wurden, kann man das nicht mehr. Man muß anerkennen, die Kieselsäure bildet wirklich einen Bestandteil der lebenden tierischen Wesen. Schon Graham²⁾ hat uns gezeigt, daß die Kieselsäure in einer Beziehung den Eiweißkörpern gleicht, daß sie wie diese kolloidal gelöst ist. Und einen solchen kolloidalen Zustand haben wir allen Grund, auch für gewisse Salze der Magnesia und des Kalks zu vermuten. Sollen diese anorganischen Substanzen, wenn sie sich kolloidal ausscheiden, als Ersatz der kolloidalen Eiweißkörper dienen können? Und verschwinden nicht die Eiweißkörper in dem Zyklus des Biatoms auch wieder? Wir haben vorhin gesprochen von dem Fett oder den fettähnlichen Körpern, den Lipiden, welche auftreten als Hülle um das Biatom. Sie stammen doch her von den organischen Atomgruppen. Und diese wieder müssen auch in den Eiweißkörpern vertreten sein. Wir sehen, daß auf der einen Seite diese organischen Atomgruppen sich ordnen können in die N-reichen Nukleine und die N-freien oder N-armen, C-reichen Lipide und Fette, auf der andern Seite in die Eiweißkörper, welche sowohl N- wie C-reich sind. Das stellt die beiden Pole der Gruppierung der organischen Gruppen im Biatom dar. Und daneben haben wir die anorganischen Gruppen echt gelöst, solange die Eiweißkörper kolloidal ausgeschieden sind. Kolloidal sind sie ausgeschieden, sobald die Eiweiß-

¹⁾ Schulz, H., Über den Kieselsäuregehalt menschlicher und tierischer Gewebe. Pfl. A. 84 u. 87. 1901/1902.

²⁾ Graham, Philos. Transakt. 151, 183 und Liebigs Ann. 12/68.

körper verschwinden. So haben die lebenden Wesen einen Körper, weil die Biatome eine kolloidale Ausscheidung sind. Zwei Zustände aus dem Zyklus der Biatome lernten wir so kennen. Sie stehen sich diametral gegenüber. Was verbindet sie? Das ist mannigfaltig, und wir werden es allmählich kennen lernen, wenn wir uns im Reiche der lebenden Wesen umsehen. Im Kreise der lebenden Wesen? Macht das nicht aufmerksam auf einen Unterschied, der zwischen diesem und den vorhergehenden Kapiteln existiert. Vorhin sprach ich von Biatomen, jetzt von lebenden Wesen. Die sind aber nicht Biatome, sondern Biomoleküle. Sie allein stehen in der Welt drinnen, sind den physikalischen Kräften ausgesetzt. Die Biatome existieren nur im Innern der Biomoleküle. Allmählich werden wir den Unterschied einsehen, der zwischen beiden existiert. Wir werden sehen, warum in den Biatomen nur die löslichen einwertigen Alkalimetalle existieren, solange sie keine andere Rolle spielen, als im Innern eines Lebewesens zu stecken. Wie im Moment aber, wo sie an die Oberfläche eines Lebewesens treten, sich die Gegenwart der mehrwertigen anorganischen Verbindungen geltend macht.

4. Kapitel. Ernährung und Erhaltung.

Wenn wir uns im Reich der lebenden Wesen umsehen, so entdecken wir zunächst zwei Unterabteilungen, welche für das Leben eine grundverschiedene Bedeutung haben, die Pflanzen und die Tiere. Fragen wir, was chemisch genommen, diese verschiedene Stellung für einen Sinn habe, so sind wir nicht im Zweifel, die Pflanzen bilden die komplizierten Moleküle, die dem Leben zugrunde liegen, die Tiere zerlegen sie. Die Zerlegung geschieht mit Hilfe des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft, die Bildung unter Ausscheidung desselben. In letzter Instanz scheiden die Tiere Kohlensäure aus, die Pflanzen Sauerstoff. So können wir auch die Tätigkeit der einen die oxydierende, die der andern die reduzierende nennen. Sollen wir wegen einer so verschiedenartigen chemischen Tätigkeit annehmen, daß den Tieren und Pflanzen verschiedene Arten von Elementen zugrunde liegen?

Unter Hinblick auf die physiologischen Erfahrungen von Claude Bernard habe ich dies verneint.¹⁾ Und die Gleichheit der morphologischen Elemente in Pflanze und Tier, wie sie Schwann²⁾ feststellte, die Gleichheit der chemischen Substanzen, der Nukleine, der Eiweiße, der Kohlenhydrate, der Fette, mit der uns die physiologische Chemie bekannt macht, bestätigt dies. Es sind die Biatome mit den beiden Zuständen, die uns die vorigen Kapitel schilderten, die dem Lebensprozeß in beiden zugrunde liegen. Wie aber ist es möglich, daß dabei ein so verschiedenes chemisches Resultat zutage tritt? Um das zu begreifen, sehen wir uns einmal den Prozeß der Ernährung und Erhaltung in seiner einfachsten Form an. Denn um diesen Prozeß handelt es sich doch bei dem Biatom. Wie könnte es einen Zyklus zurücklegen ohne Kraftentwicklung? Diese stammt von der Sättigung der Affinitäten von C und H zu O. Werden sie aber verbraucht, so müssen sie auch wieder ersetzt werden. Wie ernährt sich nun ein einfachstes Lebewesen, ein Mikrokokkus z. B., d. h. wie ersetzt er die verbrauchten C- und H-Atome. Er befindet sich in einem Nährboden. Durch Osmose strömen aus der Flüssigkeit, die ihn umgibt, die in dieser gelösten Moleküle in ihn hinein. Es sind die von der Temperatur abhängigen Schwingungen dieser Moleküle, welche der Osmose zugrunde liegen, es ist die das lebende Wesen umgebende Membran, welche eine Auswahl unter den Molekülen trifft.

Wie eine Wand um einen Hohlraum erscheinen die kolloiden Massen, wie ein Pochen an diese Wand der Stoß der schwingenden Moleküle. Die gelösten Moleküle dringen aus den Hohlräumen in die Wände, durch die Wände, denn diese Wände sind semipermeabel. Die Kolloide, aus denen sie bestehen, lassen gewisse Moleküle ein, während sie andere ausschließen. Die aber auf diese Weise eingelassenen werden Bestandteile der Kolloide. So müssen sich die die Biatome bildenden kolloiden Molekülgruppen gegenüber den echt gelösten Molekülen der sie umgebenden Flüssigkeit verhalten. Wenn sie diese Moleküle für ihren Zyklus

¹⁾ Kritik der Erfahrung vom Leben I S. 5 u. folg.

²⁾ Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und im Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839.

brauchen können, dann ernähren sie sich von diesen Molekülen. Wenn sie sie nicht brauchen können, dann schließen sie sie aus. Entweder sind sie überhaupt nicht permeabel für diese Stoffe, oder es stellt sich bald in ihnen ein Zustand der gleichen Konzentration dieser Moleküle her, wie er in der Flüssigkeit außerhalb besteht, und dann hört die weitere Bereicherung auf. Findet aber innerhalb des Biatoms ein fortwährender Verbrauch der Moleküle statt, dann erneuert sich immer der Vorgang der Osmose, dann wird die umgebende Flüssigkeit zum Nährboden für das Biatom. Was nun veranlaßt den Reichtum der Flüssigkeit an solchen gelösten Stoffen, der sie zum Nährboden macht? Das ist der freiwillige oder unfreiwillige Tod anderer Lebewesen. Und was verursacht andererseits den Charakter der Semipermeabilität in der das Lebewesen umgebenden Membran? In der Natur der Biatome muß beides liegen. Nun erinnern wir uns an die zwei Zustände des Biatoms, von denen uns die letzten Kapitel unterrichteten. In dem einen Zustand hatten wir die Eiweißkörper umgeben von einer Fettschicht, in dem andern die kolloidale Ausscheidung der anorganischen Substanzen ohne Hülle oder nur mit einer solchen, die nicht das Durchtreten des Wassers, sondern nur das der anorganischen Substanzen beschränkte. In dem einen Falle hatten wir den freien Durchtritt der in Fett gelösten Substanzen durch die Hülle des Biatoms, in dem andern der in Wasser gelösten, wenn wir uns auf den Standpunkt der Osmose stellen. Das bedeutet: in dem einen Falle können die reduzierten Substanzen, denn deren Vertreter sind die Fette, passieren, im anderen Falle die oxydierten Substanzen, deren Vertreter wären etwa die Kohlenhydrate.

Sind nicht etwa in letzter Instanz die Pflanzen in der Welt der Nährboden für die Tiere? Dann würde es doch wahrscheinlich so sein, daß die Pflanzen jenen Zustand des Biatoms ausbilden, bei dem sie sich mit einer Hülle umgeben, die für die in Wasser löslichen Stoffe durchdringlich ist, bei der innerhalb dieser Hülle die kolloidale Ausscheidung der anorganischen Substanzen, die Nukleine, ferner nur die Fette im Innern sich fänden. Die Tiere dagegen umgeben sich mit einer Hülle aus Fetten, und in ihrem Innern würden sich kolloidal die Eiweißkörper und die Nukleine und Kohlenhydrate nach innen von diesen ausscheiden.

Das gäbe uns die erste Unterscheidung der Biatome. Die einen würden vorzugsweise die reduzierende, die anderen die oxydierende Seite des Zyklus ausbilden. Wir wollen sie unterscheiden als Bia-r und Bia-o. Aber wird man sagen, Pflanzen und Tiere leben doch nicht in einem Nährboden. Sie ernähren sich doch auf viel kompliziertere Weise. Ich verweise da auf den ersten Band. Im Grunde handelt es sich auch im Verdauungsschlauch um die Osmose. Die Fetthülle des ganzen Tieres ist eben an der Stelle, wo in Wasser lösliche Stoffe aufgenommen werden sollen, durchbrochen. Aber es hat keinen Sinn, jetzt schon darüber zu sprechen, nur auf den fundamentalen Unterschied der Biatome wollte ich hinweisen. In dieselbe Kategorie gehört die Bemerkung, daß durch die Osmose nicht bloß C- und H-haltige Atomgruppen dem Biatom zugeführt werden, sondern auch N-haltige. Es handelt sich nicht bloß darum, das Biatom zu ernähren und zu erhalten, die durch die Kraftentwicklung verbrauchten C- und H-Atome zu ersetzen. Die Biatome vermehren sich auch, es werden neue aufgebaut, es gibt eine Fortpflanzung. Dazu aber braucht es N-haltiger Atomgruppen.

5. Kapitel. Biomoleküle.

Wenn man die Chemiker fragt, was eigentlich das Charakteristikum eines Moleküls sei, so lautet die Antwort: „die Selbständigkeit.“ Es gibt die allerverschiedensten Moleküle, **gleichartige** und **ungleichartige** Atome können zu einem Molekül zusammengefaßt werden. Die Moleküle können schwanken zwischen einem Molekulargewicht 2 und einem Molekulargewicht 20000 und mehr: allen gemeinsam aber ist, daß sie selbständig allein durch die Welt gehen können. Warum kann nun ein Atom nicht allein durch die Welt gehen? Warum müssen sich mindestens zwei zusammenfassen, um selbständig sein zu können? Wir wissen es nicht, wie wir so vieles in betreff der Atome und Moleküle nicht wissen. Aber eines wissen wir, der Zustand des Atomes allein ist sehr häufig ein ganz anderer als der des im Molekül gepaarten Atoms. Nehmen wir z. B. den Sauerstoff. Isoliert in statu nascendi haben die Atome desselben eine ge-

waltige oxydierende Wirkung, und wenn zwei Atome gepaart zusammengehen, wie in der Atmosphäre, ist der Sauerstoff ein harmloser Geselle. Wenn aber durch eine elektrische Entladung zu diesem O_2 noch ein drittes Atom hinzutritt, wie im Ozon, wird die Wirkung wieder gewaltig, denn dieses dritte Atom hat offenbar die Tendenz, sich immer wieder abzuspalten und wie in statu nascendi zu wirken. Ist es wegen der gewaltigen Verwandtschaften, die sie haben, daß diese Atome sich zu Molekülen paaren? Oder verschwinden die isolierten Atome aus der Natur wegen der oxydierenden Wirkungen, die sie ausüben? Wie dem auch sei, die Selbständigkeit macht für uns das Wesen des Moleküles aus. So geht der Sauerstoff als O_2 durch die Welt, der Wasserstoff als H_2 , der Kohlenstoff als C_{12} ¹⁾ wenn nicht noch mehr Atome in dem Kohlenstoffmolekül vereinigt sind. Wie gleichartige Atome in den Elementen, sind ungleichartige in den Verbindungen in dem Molekül vereint. Ist es nun auch so mit den Biatomen? Bilden die lebenden Wesen solche Vereinigungen gleichartiger oder ungleichartiger Biatome? Müssen wir sie als Biomoleküle bezeichnen? Kann man diese Biomoleküle auch spalten in die Biatome, wie es die chemische Analyse bezüglich der chemischen Moleküle und chemischen Atome tut? Das wäre doch der eigentliche Beweis, denn auf dieser Spaltung beruht ja doch unsere Theorie der Atomistik. Aber man müßte dann auch darauf gefaßt sein, daß die Biatome nicht dieselben Eigenschaften zeigen wie die Biomoleküle. So haben wir ja gesehen, daß das Atom Sauerstoff andere Eigenschaften zeigt wie das Molekül Sauerstoff. Die Eigenschaft aber, welche die Biomoleküle ganz allgemein charakterisiert, heißt Leben. Das Leben ist ein aus ihrem Wesen abgeleiteter Begriff. Und das Leben müßten eben die Biatome nicht mehr zeigen, denn sie müßten anders sein als die Biomoleküle. Wenn wir sie aber ansehen als die Elemente der lebenden Wesen, wie stimmt das zusammen? Sie bilden den Übergang der belebten zu den unbelebten Wesen. Das Leben beginnt erst, wo die Biatome zu den Biomolekülen zusammentreten, wir können es erst an diesen studieren. Es ist ein Produkt des Aufeinanderwirkens der Biatome, gerade wie

¹⁾ Hollmann, Lehrbuch der organischen Chemie. 1899, S. 29.

das Verhalten der Moleküle ein Produkt des Aufeinanderwirkens der Atome ist. Wie die Chemie sich bemüht, die Eigenschaften der Moleküle abzuleiten aus den Eigenschaften der in ihnen zusammengefaßten Atome, so muß die Biologie die Eigenschaften der Biomoleküle der lebenden Wesen zurückführen auf die der Biatome. Das ist in einer Beziehung schwerer, in anderer Beziehung leichter. Schwerer, weil wir es mit einem viel komplizierteren Objekt zu tun haben, leichter, weil sich die Eigenschaften der konstituierenden Biatome nicht so vollständig ausgleichen wie die der Atome. Das lebende Wesen, das Biomolekül geht nicht so unveränderlich durch die Welt, wie es das Molekül des Sauerstoffs oder des Kohlenstoffs tut. Es ändert sich fortwährend. Darin liegt eben das Charakteristische des Lebens. Daran sind aber nicht bloß Schuld die äußeren Kräfte, sondern, wie ich schon in dem vorletzten Kapitel auseinandersetzte, auch die inneren. Deren Abwechslung aber tritt ein, so lernen wir jetzt nicht bloß durch das, was innerhalb eines Biatoms vor sich geht, sondern durch die Wirkung der Biatome aufeinander. Der Biatome meine ich hier, die zu einem Biomolekül vereinigt sind. Wie ist das zu verstehen? Die Vereinigung der Biatome kann entsprechend den Atomen geschehen zwischen gleichartigen und ungleichartigen. Alle Biatome durchleben einen Zyklus unter dem Einfluß innerer und äußerer Kräfte. Daß unter dem Einfluß der gleichen äußeren Kräfte ungleichartige sich in einem verschiedenen Stadium dieses Zyklus befinden werden, leuchtet ohne weiteres ein. Daraus ergibt sich denn eine Wirkung der Biatome aufeinander innerhalb des Biomoleküls und als Folge wieder eine Wirkung von diesem auf die Umgebung. Wie aber soll man sich das Verhältnis erklären, wenn das Biomolekül aus gleichartigen Biatomen zusammengesetzt ist. Es tritt da etwas in Betracht, was wir seither noch nicht besprochen haben. Die Biatome nehmen eine Stellung im Raum ein. Sie haben Dimensionen, sie sind dreidimensional. Es kommt daher auf ihre Lage im Raum an. Sie können gleichartig sein in bezug auf die Atome, die in ihnen enthalten sind, aber wenn sie zu einem Biomoleküle, zu einem lebenden Wesen zusammentreten, können sie nicht gleichartig sein, in bezug auf die Lage, die sie einnehmen. Die einen werden an der Oberfläche des Biomoleküls liegen, die

ändern im Innern, die einen rechts, die ändern links, die einen vorn, die ändern hinten. Dementsprechend wird auch die Wirkung der äußeren Kräfte auf diese Biatome eine verschiedene sein, denn diese Kräfte haben eine bestimmte Richtung im Raum. Resultiert aber hieraus eine verschiedene Wirkung der äußeren Kräfte auf die konstituierenden Biatome, so ist die Folge eine Wirkung der Biatome aufeinander innerhalb des Biomoleküls und eine Rückwirkung des Biomoleküls auf die Außenwelt. Jedes Biomolekül ist demnach gegenüber einer Welt, in der fortwährend Kräfte wirken, immer veränderlich und aus der gleichen Ursache auch fortwährend aktiv.

6. Kapitel. Die Rolle des Fettes im Biatom und Biomolekül.

Wir sind seither immer von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Biatome im Wasser suspendiert, daß sie mit Wasser durchtränkt sind, daß das Wasser das Lösungsmittel ist, in dem sich der Zyklus vollzieht. Aber machen wir dabei nicht einen Fehler? Gibt es nicht auch eine Abwechslung zwischen dem Wasser und einem anderen Lösungsmittel, dem Fett. Wir haben seither das Fett nur in einer einzigen Rolle in Betracht gezogen, nämlich als Hülle. Dafür hatten wir eine Veranlassung in der Notwendigkeit für die das Auswandern der Ionen verhindernde Zellhülle. Eine Berechtigung aber bot uns hierzu die im ersten Band enthaltene Mitteilung¹⁾ über die Experimente Overtons und Meyers, welche das wirkliche Vorhandensein einer solchen Lipoidhülle nachwiesen. Wir haben angenommen, daß das Fett bei dieser Gelegenheit aus den Eiweißkörpern entstände, wenn sich diese im Verlaufe des Zyklus in Nukleïne und Hüllsubstanzen trennten. Die Entstehung von Fett aus Eiweißkörpern ist auf Grund physiologischer und chemischer Tatsachen oft angenommen worden. Geht man aus von dem Leucin als einer typischen Aminosäure, die im Eiweiß vorhanden ist, so ist ja auch bei einer Trennung des Stickstoffs die Spaltung in NH_3 und $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_8$, d. h. Oxykapronsäure bei Gegenwart von H_2O fast unabweislich.

¹⁾ Kritik der Erfahrung vom Leben Bd. I S. 92.

Auf Grund der neueren Untersuchungen des Stoffwechsels von Kühen ist sie wohl unbezweifelbar. Wenn aber aus einer Oxy-säure Fett entstehen sollte, so müßte sich doch O abspalten, sei es, daß ihm H_2 angeboten würde, oder auf eine andere Weise. Das könnte aber da nicht geschehen, wo bereits O im Überfluß vorhanden ist, der einer solchen Möglichkeit leichter gehorchen würde, weil er bereits frei ist. Das könnte also nicht geschehen an der Oberfläche des Biatoms, das könnte nur geschehen im Innern desselben bei der Möglichkeit des Abschlusses von dem freien O. Daraus ergibt sich, daß das Fett, welches die Hülle des Biatoms bildet, nicht an Ort und Stelle gebildet sein kann, daß es erst aus dem Innern dorthin gewandert sein muß. Und die weitere Frage ist, welche Rolle hat es vorher gespielt, ehe es Hülle wurde, hat es da schon eine Bedeutung für den Zyklus gehabt?

Wenn man an die Beantwortung dieser Frage denkt, so sieht man ohne weiteres, daß die Bedeutung des Fettes für das Biatom eine doppelte ist. Erstens bei seiner Bildung im Innern des Biatoms, zweitens bei seiner Ausbreitung an der Oberfläche desselben. In der letzteren Eigenschaft dient es als Schutz des Biatoms, als Sonderung gegen das umgebende Wasser des Nährbodens. In der ersteren Eigenschaft muß es seine Fähigkeit geltend machen, gewisse Substanzen zu lösen, und wir können es als Lösungsmittel bezeichnen. Die Frage ist weiter, wird es nicht auch eine Bedeutung erlangen, indem es sich von dem Inneren an die Oberfläche begibt, indem es von dem Zustand des Lösungsmittels in den der Hülle, von der Bildung zu der Zerstörung übergeht.

Ich habe oben geschrieben die Hülle des Biatoms mit einem gewissen inneren Widerstreben. Es ist logisch, die Fettbildung in das Biatom zu verlegen, denn sie gehört in den Zyklus. Aber es ist verführerisch, sie da zu schildern, wo man wirklich etwas von ihr sieht, nämlich in der Zelle. Was ist die eigentlich?

Welche Zelle meinen wir da? Die Fettzelle oder die Zelle, welche eine Hülle von Fett hat. Das letztere wäre die Zelle im allgemeinen, das erstere aber wäre die Zelle, welche das Fett als Inhalt hat. Man sieht hier gleich die doppelte Rolle, welche das Fett spielt, als Lösungsmittel und als Schutz. Man sieht

aber auch die Kompliziertheit, welche das Phänomen in dem Organismus annimmt. Weder ist das Fett, das in den Fettzellen vorkommt, von diesen allein gebildet, es ist ja der Vorrat des ganzen Organismus. Noch ist das Fett, welches als Hülle alle Zellen desselben überzieht, der direkte Abkömmling dieses Inhalts. Versuchen wir uns die Grundlinien klar zu machen.

Die Zelle ist ein Biomolekül, insofern sie selbständig leben kann, und das kann sie bei den einzelligen Lebewesen. Im vorigen Kapitel haben wir gelernt: in einem Biomolekül sind mehrere Biatome vereinigt, und sie üben einen Einfluß aufeinander aus. Zunächst ziehen wir daraus den Schluß, in einem Biomolekül können wir gleichzeitig nebeneinander sehen, was in dem Biatom nur sukzessiv, hintereinander vorkommt. Entweder sind die Biatome ungleichartig, so ist es selbstverständlich, daß sie den äußeren Kräften gegenüber sich verschieden verhalten, oder sie sind gleichartig, dann ergibt sich aus ihrer Lage eine verschiedene Beziehung zu den äußeren Kräften. In dem Biomoleküle der Zelle werden daher einige Biatome in dem reduzierenden, die anderen in dem oxydierenden Teil des Zyklus begriffen sein. So sehen wir denn, daß die Zelle Protoplasma und einen Kern hat. In dem ersteren finden sich die Eiweißkörper, oxydierender Teil des Zyklus, in dem letzteren die Nukleine, reduzierender Teil des Zyklus. Die Zelle hat aber auch eine Fetthülle um das Protoplasma, das ist das Ende des Fettes. Aber sie hat auch den Anfang des Fettes, im Kern, wo auch die Nukleine sich bilden. Der Kern liegt im Innern der Zelle, er ist der Wirkung des freien Sauerstoffs am wenigsten ausgesetzt, deshalb enthält er den reduzierenden Teil des Zyklus. Woher wissen wir, daß er auch Fett enthält? Am besten aus dem Bild, welches uns das Mikroskop bietet und auf das ich schon im ersten Band zu sprechen kam. Wenn man mit Wasser auf die Zellen einwirkt, so werden die in Wasser löslichen Substanzen, wenn man mit verdünnten Säuren oder Alkalien einwirkt, so werden auch die Eiweißkörper der Protoplasmen gelöst. Die Fette aber und die Kerne bleiben ungelöst und treten besonders klar hervor. Andere Färbemittel färben die Kerne wie die Protoplasmen. Die ersteren sind empfänglich für Farbstoffe, die in Alkohol gelöst sind wie Safranin, die letzteren für

solche, die in Wasser gelöst sind wie Nigrosin oder Eosin. Mit dem Hämatoxylin, das die Kerne färbt, ist es eine eigene Sache. Es bedarf des Zusatzes eines beizenden Mittels, und es färbt nach Anwendung einer geeigneten Beizung auch unzweifelhaft fettige Substanzen wie die Markscheiden der Nerven. Kurz die Kerne haben ein unzweifelhaftes anderes Lösungsmittel als die Protoplasmen, und die Reaktionen deuten daraufhin, daß dieses Lösungsmittel ein Lipoid sei. Was könnte es auch anders sein, in dem Bereich des Zyklus? Dann aber wäre die Frage gelöst, wie der Übergang des Fettes von dem Ort seiner Entstehung im Innern derselbe zur Oberfläche sei. Im Kern hat es eine zweite Aufgabe, es dient als Lösungsmittel, bevor es zur Hülle wird. Als Lösungsmittel für den reduzierenden Teil des Zyklus, das legt uns weiter die Frage nahe, wie verhalten sich denn zu diesem Lösungsmittel die anorganischen Substanzen?

Sie werden von diesem Lösungsmittel auch gelöst in diesem Stadium des Zyklus. Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, alle die alkalisch in ihren Sauerstoffverbindungen reagierenden anorganischen Elemente verbinden sich mit den Fettsäuren zu den in den Fetten löslichen Seifen. Für das Silicium aber, das in seiner Sauerstoffverbindung sauer reagiert, hat die Entdeckung Drechsels¹⁾ die Erklärung gebracht. Es verbindet sich als $\text{Si}(\text{OH})_4$ als Orthokieselsäure mit einem zweiwertigen Alkohol, der wie das Cholesterin sich verhält und wird hierdurch auch in Fetten löslich. So haben wir denn eine neue Verschiedenheit des reduzierenden und des oxydierenden Zweiges des Zyklus im Biatom. Im reduzierenden Zweig dient das Fett als Lösungsmittel, im oxydierenden Zweig das Wasser. So steigen im reduzierenden Zweig des Biatoms die Bestandteile bis zur Oberfläche des Nährbodens oder des Biomoleküls. Das Fett des Lösungsmittels bildet dann die Hülle um das Biatom. Aber es ist jetzt an der Oberfläche des Biatoms der Einwirkung des Sauerstoffs ausgesetzt. Es oxydiert sich, und es vereinigt sich wieder mit den Stickstoffatomen des Nukleins zu Eiweißkörpern. Die anorganischen Bestandteile werden aus der organischen Bindung aus-

¹⁾ Drechsel, E., Vorläufige Mitteilung über einen natürlich vorkommenden Kieselsäureester. Phys. Zentralbl. 1897, 361.

geschieden, und das bei der Oxydation schwerer gewordene Biatom übt seinen Einfluß im Biomolekül aus, bis mit der immer geringer werdenden Sauerstoffspannung die Reduktion wieder beginnt. Liegt zwischen Reduktion und Oxydation, zwischen Sinken und Steigen nicht noch ein Ruhezustand?

Gilt das, was hier für das Biatom gesagt wurde, auch für die Zelle? Liegt nicht ein Widerspruch darin, daß die Zelle nur an ihrem höchsten Punkte das Fett enthalten müßte, während sie das doch nicht tut. Erinnern wir uns, die Zelle ist nicht ein Biatom, sondern ein Biomolekül oder ein Bioradikal, das vielerlei Biatome, gleichartige und ungleichartige, enthalten kann. In den als Beispiel angeführten Fettzellen erinnern uns Protoplasma und Kern, die gleichzeitige Gegenwart von Eiweißkörpern und Nukleinen daran, daß wir Biatome in entgegengesetzten Zweigen ihres Zyklus nebeneinander haben müssen. Entgegengesetzt wird, daß Fett müßte gebildet werden, sowohl als Lösungsmittel wie als Hülle. Streng genommen hätte das Fett an der äußeren und an der inneren Fläche eine andere Bedeutung. Aber wir erinnern uns weiter: in den Biomolekülen findet eine andere Gruppierung der Stoffe der Biatome statt, als wenn dieselben selbständig sind, das Fett an der äußeren wie an der inneren Fläche gehört dieser Umgruppierung. Erst die äußeren Kräfte bewirken eine Lösung dieser Umgruppierung, ein Selbständigwerden der Bestandteile der einzelnen Biatome. Mit ihrer Wirkung ist daher auch eine Veränderung der Oberfläche und eine Zirkulation, d. h. ein Ortswechsel im Innern des Biomoleküls gegeben. Nun fragt es sich weiter, hat nicht entsprechend dem Intervall, das sich ergab, zwischen Reduktion und Organisation das Fett nicht noch einen dritten Zustand?

Wir kommen darauf, weil wir im Wirbeltierorganismus, der der Analyse zugrunde lag, das Fett in einer solchen dritten Form antrafen, als einen Vorrat, als eine Kraftquelle. So muß es auch im Biatom vorhanden sein. Wenn es sich aus den Eiweißkörpern gebildet hat, wenn es noch nicht als Lösungsmittel verwendet wurde, muß es in den Biatomen resp. Biomolekülen als Kraftquelle vorhanden sein. Es muß liegen nach innen von den Eiweißkörpern, ganz wie es auch in den Fettzellen liegt, der Fettinhalt muß umgeben sein von Protoplasma und Kern.

Wo ein aus vielen Biatomen oder gar Symbioten bestehender Organismus das Fett anderer Lebewesen raubt, wird ein gewaltiger Vorrat dieser Kraftquelle aufgespeichert werden können, wartend des Momentes, wo er in dem Zyklus verschiedener Biatome seine Verwendung wiederfinden kann.

Es liegt hier nahe an die Beziehung des Fettes zur Gestalt der Biatome und Biomoleküle zu denken. Schon haben wir die Gestalt der Biatome ins Auge gefaßt und ihre Veränderlichkeit betont. Aber was ist eine organische Gestalt überhaupt? Wie kommt sie zustande? Nach allem, was wir voraussetzten, können wir sie doch nur ansehen, als eine Resultierende von anorganischen Gestalten. Solche anorganische Gestalten würden sich entweder bilden als Krystalle im festen Aggregatzustande oder durch den Einfluß der Lösungsmittel im flüssigen. Lösungsmittel aber hätten wir jetzt zwei kennen gelernt, Fett und Wasser. Ist es der Antagonismus dieser beiden, welche die organischen Gestalten herbeiführt? Wir dürfen nicht vergessen, daß uns dieses Kapitel das Fett noch in einer anderen Rolle zeigte. Vom Lösungsmittel im Innern gelangte es zum Schutz an die Oberfläche. Hier aber ist es ausgesetzt dem Einfluß der äußeren Kräfte. Wenn wir daher die organischen Gestalten ins Auge fassen, müssen wir sie nicht bloß ansehen als Resultierende 1. der Anziehung zwischen den Molekülen, 2. der Wirkung der Lösungsmittel, sondern auch 3. der äußeren Kräfte.

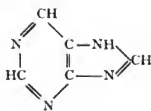
7. Kapitel. Bioradikale.

Unter Radikalen verstehen die Chemiker Reste von Molekülen, die in anderen Molekülen drin stecken. Reste, das meint eigentlich die ganzen Moleküle minus den Atomen, die ausgetreten sind, um Platz für die Verwandtschaft zu machen. Das sind in der Regel einwertige Atome oder auch einwertige Atomgruppen, das H oder die Hydroxylgruppe, und sie sind zusammen ausgetreten, um H_2O zu bilden, während das Radikal eintrat. So stecken in dem Dioxypiperazin 2 Radikale von Glykokoll, die sich unter Austritt von 2 H_2O ringförmig vereinigt haben, in-

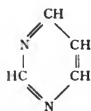
dem an der Aminogruppe des einen das H-Atom, an der Karboxylgruppe des anderen die HO-Gruppe austrat. Gehen wir nun weiter, so können wir sagen, in dem Glykokoll stecken wieder die Radikale des Ammoniaks und der Essigsäure, die unter Austritt von je 1 H-Atom zusammentreten. Hier begegnen wir gleich einer doppelten Möglichkeit. Es erscheint als eine Abweichung von der Regel, daß nicht H und HO zusammen austraten, um H₂O zu bilden, sondern H und H. Wir können uns aber auch das

Glykokoll von der Glykolsäure, der Oxyessigsäure $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{COOH} \end{array}$ ableiten.

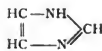
Da würde in der Tat H₂O gebildet werden beim Eintritt des NH₃. Wir kennen andere Fälle, in denen die Radikale in dem resultierenden Molekül drin stecken, indem sie mit andern Radikalen zwei C-Atome gemeinschaftlich haben. Das scheint namentlich der Fall zu sein bei ringförmig gebundenen Radikalen. So haben wir nebeneinander in dem Purin den Pyrimidin- und den Glyoxalinring



Purin

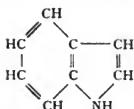


Pyrimidin

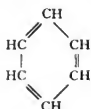


Glyoxalin

Ebenso sind vereinigt in dem Indol der Benzol- mit dem Pyrrolring



Benzopyrrol
oder Indol



Benzol



Pyrrol

Beide Male ist der Zusammentritt erfolgt unter Austritt von H₂C = CH₂.

Besonders eigentümlich erscheint uns das Auftreten gewisser Atome oder Atomgruppen in Molekülen, so daß sie bald dem einen, bald dem andern Radikal angehören, je nach den

Umständen, unter denen sich das Radikal befindet. Ein Beispiel

davon bildet das Amygdalin $\begin{matrix} \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH} \cdot \text{CN} \\ | \\ \text{O} - \text{C}_{12} \cdot \text{H}_{21}\text{O}_{10} \end{matrix}$ Durch Emul-

sin wird es in Glukose, Benzaldehyd und Blausäure zerlegt, durch Kochen mit Alkalien dagegen unter Aufnahme von 2 H_2O in Amygdalinsäure $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_{13}$ und Ammoniak. Der in dem Amygdalin enthaltene Stickstoff kann daher sowohl seine Affinität zu dem Kohlenstoff wie dem Wasserstoff äußern, er ist so gestellt, daß er sowohl das Radikal des Cyanwasserstoffes, wie das des Ammoniaks bilden kann. Wir lernen mancherlei, wenn wir so die chemischen Radikale innerhalb der chemischen Moleküle betrachten. Zählen wir es einmal auf.

1. Ein Atom kann gleichwertig sein, d. h. sich gleich verhalten wie ein Radikal, so ist HCOOH , die Ameisensäure, gleichwertig $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{COOH}$, der Essigsäure, $\text{H} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$, der Methylalkohol, dem $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$, dem Äthylalkohol usf.

2. Es kommt auf die Zahl der in das Molekül eintretenden Radikale an, wenn diese Radikale auch unter sich gleich sind. $\text{CH}_3 \cdot \text{COOH}$ ist etwas anderes als $\text{C}_{17}\text{H}_{35} \cdot \text{COOH}$, die Essigsäure und die Stearinsäure. In die erstere ist CH_3 einmal, in die letztere 17 mal eingetreten, und das bedingt ganz andere Eigenschaften.

3. Es kommt auf die Natur des eintretenden Radikals an. $\text{CH}_3 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{COOH}$ ist etwas ganz anderes als $\text{CH}_3 \cdot \text{CH} \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{COOH}$, die Milchsäure als die α -Aminopropionsäure. In dem einen Falle ist an die Stelle eines H das Radikal OH, in dem andern Falle das Radikal NH_2 getreten.

4. Es kommt auf die Stellung des eintretenden Radikals an. $\text{CH}_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{COOH}$ hat andere Eigenschaften als $\text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$. Das eine ist die α -Aminopropionsäure, das andere die β -Aminopropionsäure.

5. Die Atomgruppe, die dem Radikal entspricht, erlangt in dem Molekül, in das sie eingetreten ist, Eigenschaften, die sie in den Molekülen der Radikale nicht besitzt. So besteht der Traubenzucker aus Alkohol und Aldehydradikalen. Aber er schmeckt süß und er polarisiert, was keines der Moleküle, die den konstituierenden Radikalen entsprechen, tut. Gerade bei der Pola-

risation sehen wir, wie diese neuen Eigenschaften der Zusammenordnung der Radikale im resultierenden Molekül entsprechen. Die CH·OH-Gruppe, welche polarisiert, verdankt ihre Asymmetrie eben dem Umstand, daß sie mit verschiedenen Radikalen zusammengebunden ist.

6. Die Stellung der einzelnen Gruppen zu den anderen und damit ihre Bedeutung als Radikal hängt von den äußeren Kräften ab. Kommt das Amygdalin in Berührung mit Emulsin, so verbindet sich der in ihm enthaltene N mit C und H und tritt als CNH aus, wird es mit Alkalien gekocht, so verbindet es sich mit H₃ und tritt als NH₃ aus. In dem Amygdalin ist es etwas, was weder das eine, noch das andere ist, aber unter dem Einfluß der äußeren Kräfte, wenn das Amygdalin zerstört wird, kann es, wenn das Ferment wirkt, als CNH, wenn die Säure wirkt, als NH₃ selbständig werden.

Alles das, was uns die Chemie an den chemischen Verbindungen zeigt, müßten wir nun auf die lebenden Wesen übertragen. Sind sie die Biomoleküle, so sind in ihnen die Bioradikale enthalten. Diese Bioradikale können selbst komplizierter Natur sein, oder sie können einfache Biotope sein, gerade wie in den aliphatischen Ketten H-Atome oder CH₃-Gruppen stecken können. Es kann deren viele und wenige geben, sie können von der einen oder anderen Art sein, sie können an der oder jener Stelle eintreten. Im ersten Band habe ich bereits einen besonderen andern Namen eingeführt für die Bioradikale, die wir im Wirbeltierorganismus zu erwarten haben. Ich habe sie Symbioten genannt, und ich werde diesen Namen auch weiterhin gebrauchen. Unter Symbioten verstehe ich also eine Gruppe von Biotopten, die für sich ein selbständiges Wesen, ein eigenes Biomolekül bilden können, wenn sie unter dem Einfluß äußerer Kräfte etwas erhalten, was sie fertig macht. In dem höheren Biomolekül, in dem sie drin stecken, aber fehlt ihnen noch etwas, sie sind nicht fertig, nicht selbständig, sowenig wie das Radikal, das in dem chemischen Molekül drin steckt, fertig und selbständig ist. Es fehlen im allgemeinen hier **und vielleicht auch dort** die Elemente des Wassers, das, indem es sich in H und HO zerlegt, die Radikale selbständig macht. Wir erkennen so deutlich den Unterschied zwischen dem Parasiten und dem Symbioten. Der Parasit hat

das H_2O zwischen sich und dem Wirt, der Symbiot hat es nicht, er ist durch eine Verwandtschaft mit dem Wirt verbunden, er ist ein Teil des Wirts. Der Parasit gehorcht in seinem Zyklus einem dem Wirt ganz fremden Gesetz, der Symbiot gehorcht dem Zyklus des Wirtes. Dabei verlieren wir nicht aus dem Auge, was uns auch die Chemie lehrt, der Wirt, d. h. das resultierende Biomolekül, ist nicht bloß die Summe der Symbioten. So wenig ist dies der Fall, wie der Traubenzucker bloß die Summe des in ihm enthaltenen Alkohol- und Aldehydradikale ist. Neue Eigenschaften werden durch die Zusammenordnung, durch das Aufeinanderwirken der Radikale geboren. Von der Bedeutung, die diese Zusammenordnung hat, gibt uns das Amygdalin Kunde. Je nach der Einwirkung äußerer Kräfte wird dasselbe Atom in dem einen oder dem andern Radikal frei. Mit andern Worten, die Zusammenordnung der Radikale in dem Gesamtmolekül verschiebt sich unter dem Einfluß der äußeren Kräfte. Das sehen wir schon in der Chemie, wie wird es sich erst bei den lebenden Wesen geltend machen.

II. Unterabteilung. Symbiosen.

I. Kapitel. Allgemeines.

Die erste Unterabteilung hat die lebenden Wesen als Biomoleküle bezeichnet. Sie hat weiter ausgeführt, wie in diesen Biomolekülen teils einzelne Biatome, teils Gruppen von Biatomen, also Bioradikale, vereinigt seien. Sie hat die Mannigfaltigkeit der lebenden Wesen darauf zurückgeführt, daß nach Analogie der Mannigfaltigkeit der chemischen Körper der Zusammentritt der Bioradikale, wie der der Radikale nach Zahl, Art und Stellung sich verschieden zeigt. Auf eine weitere Beziehung, die sich bei den lebenden Wesen ergibt, sind wir dabei aufmerksam geworden, und wir müssen dieselbe jetzt näher besprechen.

Die Analogie mit den chemischen Körpern hatte bereits darauf hingewiesen, daß durch die Zusammenordnung neue Eigenschaften entstehen und daß das resultierende Molekül nicht bloß

als eine Summe der Radikale angesehen werden könne. Wir müssen diese Zusammenordnung verstehen lernen, wollen wir die lebenden Wesen als Biomoleküle begreifen. Sie ist bei den Biomolekülen weit mannigfaltiger als bei den Molekülen in ihren Wirkungen. Sehen wir uns einmal an warum.

Wir nannten die Verbindung der Biatome eine Symbiose. Die Biatome bleiben nicht unverändert. Sie durchlaufen ihren Zyklus auch innerhalb des Biomoleküls, sie sind eben Biatome, das gehört zu ihrem Wesen. Jeder der Teilnehmer lebt, wenn das Ganze lebt. Der eine dient dem anderen als Nährboden, wie die Außenwelt dem Ganzen als Nährboden dient. Sehen wir uns zunächst den Fall an, wenn ungleichartige Biatome sich vereinigen. Ich will sie entsprechend S. 14 als Bia-o und Bia-r und durch beigesetzte Zahlen¹⁾ unterscheiden. Vielleicht haben wir Bia-o₁, Bia-o₂ mit Bia-r₁ verbunden, damit wir 3 zusammen haben, wie etwa in einer chemischen Gruppe C, O und H. Liegt darin eine Erschwerung der Symbiose und der Stellung gegenüber der Außenwelt? Eigentlich nicht, im Gegenteil, gegenüber einer größeren Mannigfaltigkeit der Außenwelt, kann sich dieses Biomolekül behaupten. Denn einer der Teilnehmer dient dem andern als Nährboden. Bia-o kann dem Bia-r die Stoffe abnehmen, die dieses gebildet hat, auf seinem Weg zu den Nukleinen hin und kann sie unter Oxydation und Kraftentwicklung verwandeln zu Eiweißkörpern. Bia-r dagegen kann wieder die Resultate des Zyklus von Bia-o entgegennehmen und seinen Zyklus damit speisen. Was sonst nur nacheinander, kann in einem so kombinierten Biomolekül gleichzeitig stattfinden, indem Bia-o und Bia-r sich ergänzen.

Der Außenwelt gegenüber aber ist das Biomolekül unabhängiger, weil es sowohl die Stoffe, die dieselbe als Nährboden für Bia-o₁, für Bia-o₂ und für Bia-r enthält, gebrauchen kann. Das Verhältnis aber kann sich in demselben Lebewesen oft wiederholen. Jede solche Kombination, die ein selbständiges Biomolekül bilden könnte, kann als Bioradikal in eine höhere Kombination eintreten. So enthält, um wieder ein chemisches Beispiel zu gebrauchen, der Traubenzucker fünfmal die Alkoholgruppe CH₃OH. So können x mal die Kombinationen Bia-o₁, Bia-o₂, Bia-r in ein Lebewesen

¹⁾ Was die Zahlen für eine Bedeutung haben, werde ich bald erklären.

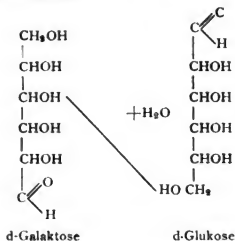
als Bioradikale eintreten. Daneben enthält der Traubenzucker als dem ganzen Molekül gemeinsam die Aldehydgruppe $\begin{array}{c} | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$.

Sie ist die aktive Gruppe **des Moleküls**, nicht die **des Biomoleküls**, sie bedingt sein Verhältnis zur Außenwelt mancherlei Kräften gegenüber, jedoch nicht in allen Fällen. Sie entspricht in vieler Beziehung dem, was ich als maßgebend für die Stellung des Biomoleküls gegenüber der Außenwelt bezeichnet habe. Wenn nun aber das Biomolekül aus lauter gleichartigen Biatomen zusammengesetzt ist, dann ist der Außenwelt gegenüber das Leben viel beschränkter, es zieht sich auf eine chemische Möglichkeit zusammen. Den Kräften der Außenwelt gegenüber ist ein solches Biomolekül nicht wirkungslos. Es entscheidet da die Lage der verschiedenen in die Zusammensetzung eingehenden Biatome, wie ich schon früher auseinandersetze. Indessen wir sehen so bloß eine Seite der Sache an. Besteht denn nicht vor allem ein Widerspruch zwischen den beiden Forderungen, die wir nebeneinander aufstellen. Der Symbiot soll ein Bioradikal sein, sagen wir, d. h. er soll nicht ein selbständiges Biomolekül sein, er hat kein eigenes Leben, er bildet bloß einen Teil des höheren Biomoleküls, dem er angehört. Auf der andern Seite fordern wir eben, der Symbiot muß seinen Lebenszyklus völlig durchleben, er muß also ein selbständiges Biomolekül sein, innerhalb des höheren Biomoleküls, dem er angehört. Noch anders formuliert, lautet dieser Widerspruch so,

1. das Leben des Biomoleküls ist etwas Eigentümliches und unterscheidet sich von dem aller anders konstituierten Biomoleküle;
2. das Leben des Biomoleküls besteht aus dem Leben der in dem Biomolekül enthaltenen Bioradikale, welche wieder Biomoleküle, wenn sie selbständig werden, sein können. In der zweiten Formulierung sieht man ohne weiteres, wie sich bei den Biomolekülen nur eine Verschärfung dessen geltend macht, was wir bei den chemischen Molekülen gesehen haben. So wenig wie der Traubenzucker bloß Eigenschaften hat, die der Summe der in ihm enthaltenen Alkohol- und Aldehydradikale entsprechen, so wenig ist das Leben des Biomoleküls bloß die Summe der Leben der in ihm enthaltenen Bioradikale. Aber die erste Formulierung gibt größere Rätsel auf. Wie kann ein

Symbiot seinen Zyklus als lebendes Wesen durchmachen, ohne doch ein selbständiges lebendes Wesen zu sein? Die chemischen Beispiele, die ich voranstellte, geben auch dafür eine Aufklärung. Ich erinnere an das Amygdalin und den Austritt des N in CNH unter dem Einfluß des Emulsins und in NH_3 unter dem Einfluß der Alkalien. Der N hat in dem Amygdalin eine Stellung weder in dem CNH noch in dem NH_3 , sagte ich da, sondern eine neue aus der Zusammenordnung sich ergebende, in der er nach der Einwirkung der äußeren Kräfte in das eine oder andere Radikal übergehen kann. Die Radikale sind also in dem resultierenden Moleküle zerfallen in die Atome, und diese sind neu geordnet. So wie die Radikale, werden aber die Bioradikale auch zerfallen in die Biatome, und vielleicht zerfallen die Biatome noch weiter in die verschiedenen Gruppen, die sie enthalten. Vor allem sind es die organischen und die anorganischen Gruppen, die Fette und die Eiweißkörper, und alles, was verschiedene Löslichkeitsverhältnisse hat, das eine Umgruppierung erfährt. Diese Umgruppierung geschieht unter dem Einfluß der äußeren Kräfte, fortwährend greifen die äußeren Kräfte in den Zyklus ein. Aus ihr heraus erfolgt, wenn die äußeren Kräfte ein Bioradikal lebendig machen, d. h. vervollständigen, das Durchlaufen des Lebenszyklus. Die Symbioten machen denselben also durch, nicht als Ganzes, sondern ihre einzelnen Teile durchlaufen denselben und ordnen sich neu ein in dem Gesamtbiomolekül, in der neuen Eigenschaft, die sie erlangt haben, hiermit eine der Funktionen des Lebens erfüllend. Wenn alle Teile der Symbioten auf diese Weise ihren Zyklus durchlaufen haben, dann ist dieser für das Ganze vollendet, und doch ist der Symbiot nie selbständig geworden. So löst sich der Widerspruch, indem der einen wie der anderen Forderung genügt wird. Aber wie vollzieht sich diese Umordnung und dieses Leben? Wir können uns davon keine Vorstellung machen, bis wir uns nicht mit der Symbiose in den einfachsten Lebewesen vertraut gemacht haben.

fläche gegenüber der Außenwelt. Dabei wird es den Kräften der Außenwelt gegenüber das Charakteristische des Biomoleküls zur Erscheinung bringen und wird gleichzeitig die andern Bioradikale umfassen oder zusammenfassen. Es kann dabei den zusammengefaßten Bioradikalen fast völlig gleich sein. Wenn der Milchzucker Wasser aufnimmt, so spaltet er sich in die beiden gleichstehenden Aldosen.



So kann sich auch ein Biomolekül in zwei gleichwertige Biomoleküle spalten, indem jedes der in ihm enthaltenen Bioradikale sich vervollständigt. Aber es braucht sich nicht zu spalten. Das, was das Biomolekül dazu braucht, ist nicht bloß Wasser. Es können die einzelnen Bioradikale sich vervollständigen, so daß sie gleichwertig werden, daß also nicht mehr das eine das zusammenfassende, das andere das zusammengefaßte ist. Es kann aber noch etwas Drittes da sein, was den Zusammenhalt der beiden Bioradikale ermöglicht. Was dieses Dritte ist, werden wir dann sehen. Einstweilen merken wir uns, in den Biomolekülen sind zwei Zustände möglich. In dem einen werden die vorhandenen Bioradikale durch ein Bioradikal zusammengefaßt, in dem andern stehen sie nebeneinander. In dem ersten Zustand ist das, was im zweiten Zustand ausgeschieden ist, in eigentümlicher Bindung in dem zusammenfassenden Bioradikal aufgenommen. Wir trennen wohl diese zwei Zustände, die in dem Biomolekül möglich sind, von den zwei Zuständen im Biatom, die wir vorher kennen lernten. Die Zustände im Biatom betrafen den Wechsel zwischen Oxydation und Reduktion, die Zustände im Biomolekül zwischen Zusammenfassung und Gleichwertigkeit.

3. Kapitel. Mikrokokken.

Wir wollen also von den Mikrokokken ausgehen, und wir wählen als Beispiel den Mikrokokkus ureae oder die Torula ureae, weil wir über die chemischen Umsetzungen, die bei ihm in Betracht kommen ziemlich unterrichtet sind. Bekanntlich zerlegt die Torula ureae den Harnstoff $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ in CO_2 und 2NH_3 unter Aufnahme von H_2O . Sie ist gleichzeitig die Ursache der häufigsten Art von Blasensteinen, der sogenannten Tripelphosphate $\text{PO}_4\text{NH}_4\text{Mg}$. Da diese Phosphate in alkalischen Flüssigkeiten nicht löslich sind, und da der Harn durch die Zerlegung des neutralen Harnstoffes in das alkalisch reagierende kohlen saure Ammoniak eine Veränderung seiner Reaktion erfährt, so ist die herrschende Meinung, daß dieser Umschlag die Ausscheidung des Tripelphosphats bewirke. Die älteren Pathologen schoben die Bildung dieser Steine auf eine alkalische Gärung des Harns. Wie bei der Weingärung hat auch hier Pasteur¹⁾ gezeigt, daß die Harn gärung auf einem Lebewesen beruhe, einer Bakterienart, wie er annahm. Diese Keime kommen in die Blase hinein, von anderen bereits in der Umsetzung begriffenen Harnen oder Harnstofflösungen. Sie stammen her von andern Mikrokokken, der Zyklus des Lebens ist auch hier vollendet. Bei Abwesenheit der erwähnten Organismen tritt nach Cazeneuve und Livon²⁾ auch bei längerer Stauung des Harns in der Blase niemals ammoniakalische Gärung ein.

Nun hat Musculus³⁾ gezeigt, daß man den Harnstoff auch umwandeln kann durch ein Ferment, welches er erhält, indem er schleimigen Harn von Blasenkatarrh (also bakterienhaltigen) mit Alkohol fällte, den Niederschlag bei gelinder Temperatur trocknete, in Wasser löste und filtrierte. Nach dem, was wir seitdem über die Beziehungen der Fermente zu den Mikroorganismen wissen, müssen wir wohl annehmen, daß das Musculus'sche Ferment aus dem Mikrokokkus ureae extrahiert wurde, und daß seine Lösung in Wasser keine echte Lösung, sondern eine kolloidale Suspension ist. Vergl. darüber Bd. I S. 127. Cohn⁴⁾ hat

¹⁾ Pasteur, Ann. d. chim. et phys. 1862, 52.

²⁾ Cazeneuve u. Livon, Rev. mens. d. med. et d. chir. II, 166.

³⁾ Musculus Pflügers Arch. XII. 214.

⁴⁾ Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen.

nun weiter für dasselbe, da es gar kein Stäbchen (Bakterium) ist, den Namen *Mikrokokkus ureae* vorgeschlagen. Pasteur legte auf die Formen kein Gewicht. R. v. Jaksch¹⁾ hat dasselbe dann weiter in künstlichen Nährflüssigkeiten gezüchtet und gefunden, daß sie zu ihrer Entwicklung außer zwei anorganischen Salzen (phosphorsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia) und Harnstoff noch einer kohlenstoffhaltigen Substanz bedarf (Essigsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure usw.).

Wie gestaltet sich nun gegenüber diesen Tatsachen die Betrachtung des *Mikrokokkus ureae* als Biomolekül. Im *Mikrokokkus ureae* haben wir eine Vereinigung von Biatomen zum Biomolekül, eine Vereinigung allereinfachster Art, d. h. wir dürfen voraussetzen, daß hier nicht verschiedenartige, sondern nur gleichartige Biatome vereinigt sind. Die chemische Umsetzung, die der *Mikrokokkus* bewirkt, ist allereinfachster Art, sie erstreckt sich auf einen einzigen chemischen Körper, und wir können wohl annehmen, daß es nur eine Art von Biatomen ist, die dieselbe bewirkt. Was wir wissen wollen, ist nun doppelter Art. Wir wollen etwas wissen über den Zyklus dieses Biatoms, und wir wollen etwas wissen über die Wirkungen der Zusammenordnung einer Anzahl dieser Biatome zu einem Biomolekül. Die Möglichkeit, über beides etwas zu erfahren, liegt nur in der Beobachtung des Verhaltens des Biomoleküls gegenüber der Außenwelt. Aus den spärlichen Nachrichten, die wir darüber haben, müssen wir analysieren, was dem einen und dem andern Faktor angehört, dem Zyklus des Biatoms und der Zusammenordnung der Biatome zum Biomoleküle. Zweierlei Art sind die Berichte, die wir haben.

Erstens einmal chemischer Natur. Da erfahren wir etwas über die Umwandlung des Harnstoffs, über die Natur der Blasensteine, über die Zusammensetzung der Nährlösungen, über die Desinfektionen.

Zweitens sind sie morphologischer Natur. Sie berichten über die Gestalt, die Färbung der Mikrokokken, über ihr Heranwachsen, ihre Entstehung. Faßt man diese zunächst ins Auge, so hat das Biomolekül auch einen Zyklus, vom kleinen zum großen Kokkus und wieder zurück. Aber wie gleichen

¹⁾ R. v. Jaksch, Zeitschrift f. phys. Chemie V, 395. Med. Zentrbl. XVI, 180.

sich die verschiedenen Exemplare, kaum daß man eine Differenz entdecken kann. Ein Unterschied, wie zwischen Eiweiß und Nukleïn, ist kaum vorhanden. Enthalten diese Mikrokokken überhaupt Eiweiß und Nukleïn? Nach allem, was wir darüber wissen, viel ist es nicht, müssen sie derartige Körper wohl enthalten. Die Desinfektion durch Hitze, durch aromatische Körper, durch Schwermetallsalze, durch Alkohol lassen sich nicht anders deuten. Aber von einer Trennung von Nukleïn und Eiweiß sagen uns die Reaktionen nichts. Wäre es möglich, daß dieselben Gebilde gleichzeitig nebeneinander die beiden Zweige des Zyklus enthielten? Wir müssen uns da erinnern an die Betrachtung, die wir schon machten, daß ein Biomolekül aus verschiedenen Biatomen zusammengesetzt sei. Die Biatome könnten in verschiedenen Phasen des Zyklus begriffen sein. Indem sie sich kombinierten zu einem Biomolekül, kombinierten sie auch die verschiedenen Phasen, also Eiweiß und Nukleïn. Was aber hat denn die Trennung in junge und alte Generation, jener wirklich wahrnehmbare Zyklus für einen Sinn?

Sehen wir uns doch einmal dieses Verhältnis näher an. Zuerst die Umwandlung des Harnstoffs $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ in CO_2 und 2NH_3 . Im Grunde liegen in der Zufügung von H_2O zwei einander entgegengesetzte Vorgänge. An NH_2 wird H angefügt, an CO , O . Das eine ist Reduktion, das andere Oxydation. Nach unserer früheren Darstellung des Zyklus des Biatoms müßte das eine die Wirkung des reduzierenden, das andere die Wirkung des oxydierenden Teils des Zyklus des Biatoms sein? Sollten sich in dem Biomolekül gleichzeitig Biatome finden, die in verschiedenen Teilen ihrer Zyklus angelangt wären? Das wäre möglich, denn ein Biomolekül enthält viele Biatome. Aber diese Biatome hier sind gleichartig. Wenn diese Biatome unter gleichen äußeren Kräften stehen, so müssen sie sich auch im gleichen Stadium des Zyklus befinden, und man sieht nicht ein, wie das eine das andere abbauen soll. Eine Ausnahme von dieser Notwendigkeit läge nur für ein Biatom vor, welches sich in einer anderen Lage befände als die übrigen. Da muß man sich weiter fragen, was besorgt eigentlich den Zusammenhalt der in dem Biomoleküle vorhandenen Biatome? Woher stammen die Hüllen, welche allen Biatomen des Biomoleküls gemeinschaftlich sind?

Wenn wir nach einer Illustration dieses Zusammenhaltens durch die Chemie suchen, so läßt uns diese im Stich. Sie weiß nichts über das Verhältnis der Atome im Molekül. Vorhin habe ich das Molekül des Traubenzuckers als Beispiel gewählt, um zu zeigen, wie in demselben die Radikale sich ordnen. Es ist das im Grunde auch hier verwendbar, denn ob Radikale, ob Atome, macht hierin keinen Unterschied. Nun hat, wie ich damals sagte, der Traubenzucker eine gemeinschaftliche Gruppe, die Aldehydgruppe, welche den Charakter des Ganzen bestimmt. Diese gemeinschaftliche Gruppe ist gewiß nicht, wie die Konstitutionsformel es anzeigt, einfach neben die Alkoholgruppen gestellt. Aber wie sie sich zu denselben verhält, wissen wir einstweilen nicht. Die Stereochemie betont, wie jedes Atom seinen Platz im Raum einnehme, sie muß demnach dem Molekül eine bestimmte Gestalt anweisen, und in dieser ist die gemeinsame Gruppe jedenfalls von entscheidender Bedeutung. Den Übergang bildet eben die Anwesenheit der anorganischen Molekülgruppen, von denen ich schon sprach. Diese anorganischen Gruppen gehören den einzelnen Biatomen an, sie werden von ihnen in dem Zustand, in dem sie eine kolloide Mauer bilden, ausgeschieden. Aber sie sind es nicht allein. Schon in der vorigen Unterabteilung haben wir gesehen, wie sie gelöst werden können von den Fetten, wenn sie nicht kolloidal ausscheiden. Sehen wir uns nun den Mikrokokkus ureae daraufhin noch einmal an, wie er in dem Harn, in der Flüssigkeit liegt. Es muß uns da ohne weiteres anschaulich werden, daß nur entweder eine Fetthülle oder Fett als Lösungsmittel den Inhalt des Biomoleküls vor dem Auswaschen durch die Flüssigkeit bewahren können. Fetthülle für das Eiweißstadium, Fettlösungsmittel für das Nukleinstadium, das eine für den oxydierenden, das andere für den reduzierenden Teil des Zyklus. Ist es vielleicht beides? Deutet nicht die Umwandlung des Harnstoffs daraufhin, daß Oxydation und Reduktion nebeneinander in diesem Biomolekül vorkommen müssen. Das eine aber umfaßt das andere, so wissen wir jetzt. Die Biatome in dem einen Teil des Zyklus bilden den äußeren Teil des Biomoleküls, die andern den inneren Teil. Welches sind die einen, welches die andern? Entweder liegen die Nukleine mit den Fetten als Lösungsmittel außen, oder die Eiweißkörper mit den Fetten als Hülle. Wir werden

da wieder an die morphologischen Bilder erinnert. Die jungen Mikrokokken kommen aus dem Innern des alten, sie lösen sich los, indem sie austreten. Die jungen Mikrokokken gehören dem einen Stadium des Zyklus an, und sie gehen über in das andere Stadium, indem sie selbst in sich wieder neue Mikrokokken bilden. Denn diese Erzeugung neuer Generationen geht immer weiter, sie muß, weil sie mit dem Leben der Mikrokokken eng verknüpft ist. Der entstehende Mikrokokkus erscheint als eine Stelle, eine anders sich färbende Stelle im Innern des bildenden Biomoleküls. Es hat eine andere Lichtbrechung, eine andere chemische Beschaffenheit. Das deutet auf ein anderes Lösungsmittel, eine andere Zusammensetzung hin. Es ist möglich, daß die Nukleine mit den Fetten als Lösungsmittel außen liegen. Sie bilden die Umfassung. In dem Fett, das sie in ihrem Innersten bilden, entstehen wieder die Eiweißkörper, die das Fett als Hülle benutzen, wenn sie sich loslösen. Dann gehen sie wieder in Nukleine und Fette über, und so geht es weiter. Dabei aber wirkt der Mikrokokkus doch auf den Harnstoff als ein Ganzes. Wie ist das möglich bei den verschiedenartigen Umsetzungen seiner Biatome? Diese Verschiedenartigkeit gleicht sich im Innern aus, nur die Resultierende tritt nach außen. Aber eben aus der Verschiedenartigkeit der in dem Biomolekül zusammengeordneten Zyklen ergibt sich diese Resultierende. Wenn die einen oxydierend, die andern reduzierend sind, die einen im Eiweiß, die andern im Nukleinstadium, und wenn diese aufeinander wirken, dann spaltet sich die Resultierende ab. Ich will ihr einen Namen geben. Ich will sie die aktive Gruppe nennen. Denn ihr ist es zu danken, daß das Biomolekül auf die Außenwelt wirkt, gerade wie ihre Entstehung von der Außenwelt veranlaßt wird. Ihre Entstehung, habe ich eben gesagt, ist der Wirkung der einzelnen Biatome aufeinander zuzuschreiben, aber daß eine solche Wirkung stattfindet, ist wieder auf die Kräfte der Außenwelt zurückzuführen. Eine solche aktive Gruppe bildet also auch der Mikrokokkus ureae, und sie ist so beschaffen, daß das H_2O zerlegt und ein O an CO des Harnstoffs und H_2 an die $2NH_2$ gehängt werden. Aber wie kommt die Bildung der Tripelphosphate zustande?

Der Befund von Jaksch, daß bei der künstlichen Züchtung des Mikrokokkus ureae zwei anorganische Salze, nämlich phos-

phorsaures Kali und schwefelsaure Magnesia, gebraucht werden, deutet daraufhin, daß das Leben des Mikrokokkus für die Ausscheidung des Tripelphosphats seine Bedeutung hat. Die Phosphorsäure spielt eine Rolle in seinen Nukleinen, die Schwefelsäure wahrscheinlich bei seinen Eiweißkörpern. Wenn sie seiner Nährlösung nicht beigemischt sind, so entnimmt er sie den Verbindungen, die dem Harn beigemischt sind. Und dann scheidet er als unlösliche Grundsubstanz das Tripelphosphat aus. Die Steine kommen daher, weil der Pilz unaufhörlich in dieser Tätigkeit begriffen ist. Denn woher nimmt er das Ammoniak, das zum Tripelphosphat noch gehört? Eben von dem Harnstoff, den er zerlegt. Zerlegt er ihn bloß deshalb?

Wir müssen uns wohl vorstellen, daß von den Produkten der Zerlegung auch welche in die Bestandteile des Körpers der Mikrokokken Aufnahme finden. Wie unaufhörlich ein Strom von Phosphorsäure und von Schwefelsäure in die Biomoleküle stattfindet von dem Nährboden her, so auch bildet sich ein solcher von den Bestandteilen des Harnstoffes, die die aktive Gruppe erzeugt hat. Nur der Überschuß wird ausgeschieden als Tripelphosphat, als schwefelsaures Kali. Weil aber der N in dem Harnstoff noch das Maß übersteigt, welches in dem Eiweißkörper zwischen N und C besteht, so ist es sehr begreiflich, daß uns Jaksch berichtet, es sei zur Züchtung des Mikrokokkus noch die Hinzufügung einer kohlenstoffhaltigen Substanz zu dem Nährmaterial erforderlich.

Überlegen wir noch einmal den Zusammenhang dessen, was uns die Betrachtungen über die Mikrokokken lehrten, so müssen wir uns sagen, daß wir hier eigentlich die Verbindung zweier Vorgänge haben, die wir in dem vorhergehenden Kapitel trennten. Wir haben einerseits nebeneinander die beiden Zustände im Biatom, die Bildung der Eiweißkörper einerseits, der Nukleine und Fette andererseits. Die jungen und die alten Mikrokokken, die entstehenden und die vergehenden, sind miteinander verbunden. Dieser Verbindung des oxydierenden mit dem reduzierenden Stadium des Biatoms ist es zuzuschreiben, daß an den Harnstoff sowohl O wie H_2 , also H_2O im ganzen angefügt werden. Auf der anderen Seite haben wir die beiden Gegensätze im Biomoleküle, die Zusammenfassung und die Gleichwertigkeit. Eine Anzahl Biatome

sind in dem Mikrokokkus zu einem Biomoleküle zusammengefaßt. Eines bildet die Oberfläche, das Zusammenfassende, andere die Zusammengefaßten, das Innere. Zwischen beiden müßte jener Wechsel herrschen, den ich im vorigen Kapitel schilderte. Aber er herrscht nicht. Denn die Biatome, welche den Mikrokokkus bilden, sind wohl gleichartig aber nicht gleichwertig. Die zusammenfassenden sind im Reduktions-, die zusammengefaßten im Oxydationsstadium. Die einen sind jung, die anderen alt. So geht der Gegensatz zwischen den beiden Zuständen im Biomolekül, durch den anderen Gegensatz zwischen den Zuständen im Biatom hindurch. Es bildet sich die Resultierende, wie ich sagte, und es kommt einerseits zur Aufnahme von phosphorsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia, andererseits zur Ausscheidung von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia.

4. Kapitel. Spaltpilze.

Sowenig Wert auch Pasteur auf den Unterschied zwischen Kokken und Bakterien legte, so gibt es doch zwischen Kokken und Bakterien nicht bloß einen morphologischen, sondern auch einen biologischen Unterschied. Schon in diesem Wort liegt der ganze Unterschied zwischen unserem Standpunkt und dem Pasteurs ausgedrückt. Ihm kam es zuerst darauf an, zu zeigen, daß diese Gebilde Lebewesen seien, daß die von ihnen veranlaßten Prozesse Lebenserscheinungen seien, dafür aber ist es gleichgültig, ob ein Gebilde ein Kokkus oder ein Bakterium ist, beide leben.

Wir aber, indem wir sie beide als Biomoleküle ansehen, wollen den Unterschied ins Auge fassen, den sie in bezug auf die Art ihres Lebens darbieten, um sie unter den Lebenserscheinungen zu klassifizieren. Nun sind sie ungemein mannigfaltig und die erste Frage, die sich erhebt, ist die, was ist den Spaltpilzen eigentlich gemeinschaftlich? Man braucht bei ihnen nicht nach der Zusammensetzung aus Eiweißkörpern und Nukleinen zu fragen. Beide sind oft genug nachgewiesen worden. Ebenso hat man von den Bakterien sowohl eine eiweißzerstörende, wie eine eiweißbildende Wirkung wahrgenommen. Die letztere, die

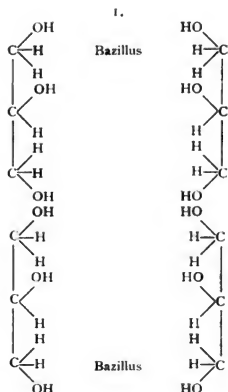
man auf den ersten Blick bezweifeln möchte, ist von Gerlach und Vogel¹⁾ beobachtet worden. Über nukleinbildende Wirkung hat man keine direkten Beobachtungen gemacht. Angesichts des Nachweises von Kernsubstanzen in denselben auch da, wo keine in dem Nährboden sich fanden, kann man dieselbe indes kaum bezweifeln. Über Nukleïnzerstörung, und zwar die Zerstörung von Hefenukleïnsäure, berichten A. Schittenhelm und F. Schröter.²⁾ An dem Hin- und Hergehen der Bakterien in dem Lebenszyklus zwischen Eiweiß und Nukleïnen kann man also nicht zweifeln. Man wird aber bei der Beobachtung derselben bald aufmerksam, daß neben Eiweiß und Nukleïnen noch etwas anderes gebildet wird, was ich sowohl als Hülle wie Lösungsmittel behandelt habe, nämlich Fett. Von Zeit zu Zeit vermehren sich die Spaltpilze nicht mehr durch Spaltung, sondern sie bilden eine Spore. Diese Spore hat eine Hülle von Fett oder Lipoiden, und ihr Material ist in Fett als Lösungsmittel eingebettet. Darauf beruht die große Widerstandsfähigkeit dieser Sporen, wie die Pathologen längst beobachteten. Man könnte sich nun vorstellen, daß die Bakterien das Fett, das sie hierzu gebrauchen, dem Nährboden entnehmen. Nach den Untersuchungen von S. P. Beebe und B. H. Buxton³⁾ kann man jedoch nicht im Zweifel sein, daß der Bazillus *Pyocyanus* aus Eiweiß Fett bilden kann. Bei ihnen findet die Fettbildung im Anschluß an die Fortpflanzung statt, wie die fetthaltige Spore bezeugt. Entspricht der Spaltpilz nun einem Komplex von reduzierenden Biatomen, oder von oxydierenden? Die Fettbildung scheint auf das erstere hinzudeuten, und wenn wir an das Kadaverin, das Putrescin denken, die gar kein O enthalten und doch das Resultat der Tätigkeit von Spaltpilzen sind, so werden wir in dieser Ansicht bestärkt. Indessen der Vergleich mit den Mikrokokken belehrt uns, daß bei den einfachen Lebensverhältnissen, mit denen wir es hier zu tun haben, die eine Seite des Zyklus des Biatoms doch nicht einen ausschließenden oder vorzugsweisen Einfluß auf das Leben gewinnt.

¹⁾ Gerlach und Vogel, Über eiweißbildende Bakterien. *Bakteriol. Zentralbl.* [2] VII 600.

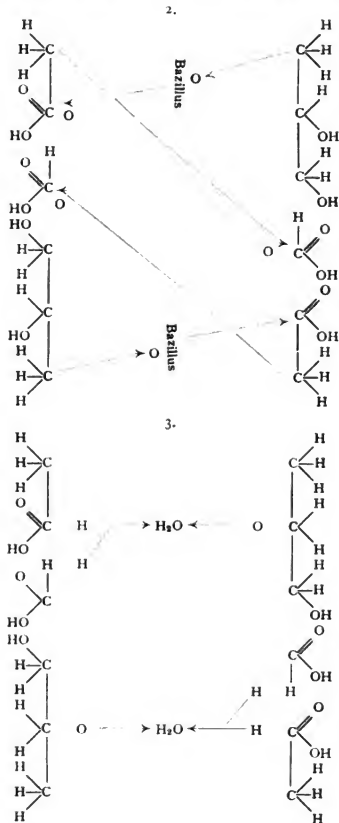
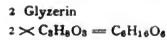
²⁾ Schittenhelm und Schröter, *Zeitschr. für phys. Chemie* 41.

³⁾ S. P. Beebe und B. H. Buxton, Die Bildung von Fett aus Eiweiß durch den *Bazillus Pyocyanus*. *Americ. Journ. of Physiol.* XII. 466.

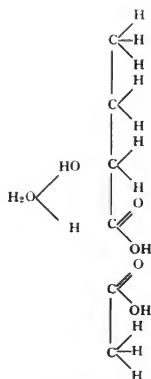
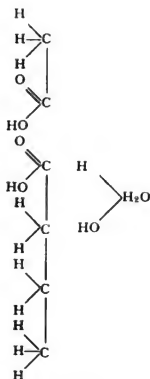
Bei den Mikrokokken hatten wir sowohl einen oxydierenden wie reduzierenden Einfluß konstatiert. Wie ist es mit den Bakterien? Auch bei ihnen haben wir eine Oxydation und Reduktion, die sich geltend macht in einer Spaltung von H_2O . Aber dieser Zerfall vollzieht sich bei den Bakterien anders als bei den Mikrokokken. Dort zerfiel unter Aufnahme von H_2O der Harnstoff in 3 Moleküle, 1 CO_2 und 2 NH_3 , und Oxydation und Reduktion entsprachen sich vollständig, an jene trat ein O, an diese 2 H. Hier aber bei den Spaltpilzen findet ein Zerfall in 2 Moleküle statt, und Oxydation und Reduktion entsprechen sich nicht vollständig, der eine Partner erhält HO, der andere H. So spaltet sich der Dioxypiperazinring in 2 Glykokolle, indem jedesmal die Amidogruppe ein H, die Karboxylgruppe ein OH erhält. So verfahren allgemein die Bakterien. Wenn z. B. O. Emmerling¹⁾ durch einen neuen Bazillus aus Glycerin Buttersäure erzeugen sah, ist es auch eine Anfügung von H und HO. Wir müssen uns wohl seinen Befund, in dem neben Buttersäure Essigsäure entstand, so vorstellen:



¹⁾ O. Emmerling, Über einen neuen aus Glycerin Buttersäure erzeugenden Bazillus. Berl. Ber. XXII. 2/26.



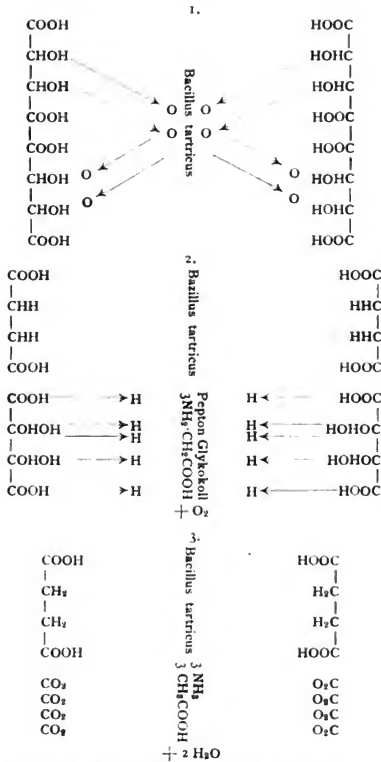
4.



Das austretende Wasser wird vielleicht auch von Bazillen wieder aufgenommen.

Wenn weiter L. Grimbert¹⁾ sieht, wie der *Bacillus tartaricus* aus weinsaurem Kalk, Essigsäure (rund zu 20%), Bernsteinsäure, (diese um so reichlicher, je mehr Ammonsalze gleichzeitig vorhanden sind oder aus zugesetzten Peptonen frei werden), Kohlensäure und Wasserstoff bildet, so kann dies in ähnlicher Weise verstanden werden.

¹⁾ L. Grimbert et L. Ficquet. Sur un nouveau ferment des tartrates „le *Bacillus tartaricus*“. C. R. Soc. de Biologie 1897. 962.



Es entspricht die Wanderung von H_2 dem Freiwerden der Ammoniake aus den Amidosäuren, die sie in den Peptonen bilden. Als ein solches Freiwerden von H_2 kann man schließlich auch die Tätigkeit des Bacterium aceti ansehen $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}_2$. Aber hier schon sieht man, daß man leichter zum Ziel

kommt, wenn man das Resultat nicht als durch den Austritt von Wasserstoff, sondern als durch den Eintritt von Sauerstoff geschehen annimmt, $C_2H_6O + O_2 = C_2H_4O_2 + H_2O$.

Die Beschleunigung der Essigbildung durch die Vergrößerung der Berührungsfläche mit der den Sauerstoff spendenden Luft macht das genügend deutlich. So sind es die Begleitumstände, vor allem die Schnelligkeit des Wachstums der Bakterien, welche uns klarmachen, ob wir einen reduzierenden oder oxydierenden Vorgang vor uns haben, ob die Bakterien Aerobien oder Anaerobien sind, d. h. ob sie Sauerstoff aufnehmen oder abgeben, ob der Zyklus ihrer Biatome sich im oxydierenden Stadium befand oder nicht. Es kommt dabei wesentlich auf das Stadium des Zyklus an, in dem sie sich befinden und auf die Zusammensetzung aus Biatomen. Die letzte Auseinandersetzung aber hatte den Zweck, uns gerade auf eine Besonderheit in dieser Beziehung aufmerksam zu machen. Das Wassermolekül wurde zerspalten in H und OH. Dem einen Partner der zu zerlegenden Verbindung wurde H, dem anderen OH zugefügt. Die Zufügung von H ist eine Reduktion, aber die von OH ist keine vollkommene Oxydation. Bei den Mikrokokken hatten wir einander gegenüberstehend 2H und 1O, die sich gegenseitig vollkommen neutralisieren. Bei den Spaltpilzen stehen sich gegenüber H und HO, auch sich gegenseitig vollkommen neutralisierend, aber die elektronegative Natur des O ist dabei schon abgeschwächt, dadurch, daß ihm ein H zugefügt wurde. Bei den Mikrokokken zerfällt die zu zerlegende Verbindung entsprechend dieser Spaltung des Wassermoleküls in 3 Teile, bei den Spaltpilzen in zwei. Was bedeutet nun dieser Unterschied? Wir finden in ihr gleich noch eine Komplikation. Wenn auch im allgemeinen die Spaltpilze das Wassermolekül in H und HO zerspalten, geht doch etwas anders vor, da wo es sich um die Bildung zweiwertiger Moleküle handelt.

Von der Wirkung auf zweiwertige Radikale seitens der Spaltpilze geben uns viele Befunde Kenntnis. So entsteht in dem Beispiel von Grimberty¹⁾ neben der einwertigen Essigsäure die zweiwertige Bernsteinsäure aus der Weinsäure. Die Spaltpilze haben eine gewisse Tendenz, zweiwertige Gruppen zu bilden,

¹⁾ L. Grimberty et L. Ficquet. Sur un nouveau ferment des tartrates „le Bacillus tartricus“. C. R. Soc. d. Biologie 1897. 962.

wo das Material dies möglich erscheinen läßt. So vermochten 15 Spezies von Spaltpilzen, die F. Bonning untersuchte (*Bacillus aceti* Pasteur u. a.) Dextrose in Oxalsäure umzuwandeln. Dagegen gelang dies bei Ameisen-, Propion-, Butter-, Valerian-, Bernstein-, Äpfel-, Wein-, Zitronensäure keiner der 15 Spezies. Ebenso wenig war dies möglich bei Sarkosin, Leucin, Harnstoff oder bei Harnsäure, Kreatin, Kreatinin oder den aromatischen Säuren (Benzoe-, Hippur-, Salizylsäure, Tyrosin). Daß dies auf der Natur des Materials und nicht auf der der Bakterien beruht, beweist das Beispiel des *Bacterium aceti*, das einerseits eine einwertige Säure, die Essigsäure, andererseits eine zweiwertige, die Oxalsäure, liefern kann¹⁾. Andererseits haben wir vorhin gesehen, wie der *Bacillus tartricus* sowohl die Essigsäure wie die Bernsteinsäure bilden kann. Aber dabei ist das Material nicht allein die Ursache, auch der Chemismus der Bakterien übt seinen Einfluß aus. Bildet doch eben der *Bacillus tartricus* die verschiedenwertigen Säuren aus dem gleichen Material, unter etwas veränderten chemischen Bedingungen. Von den erwähnten 15 Spezies von Bakterien können die einwertige Essig- und Isobuttersäure nur zwei, die gleichfalls einwertige Milchsäure aber fünf in Oxalsäure umwandeln. Es kommt also sowohl auf die dargebotene Atomgruppierung wie auf das ausführende Biomolekül an. Von diesem Biomolekül haben wir uns jetzt überzeugt, daß es sowohl auf die ein- wie die zweiwertigen chemischen Verbindungen wirkt. Nicht dasselbe Biatom kann beides tun.

Wir sehen, daß der Fortschritt von den Mikrokokken zu den Spaltpilzen darin liegt, daß in den Spaltpilzen solche, die auf ein- und zweiwertige Verbindungen wirken, also ungleichartige Biatome, vereinigt sind. Ich will sie unterscheiden als Bia_1 und Bia_2 . Sie können sowohl Bia_0 wie Bia_r sein, da es von jedem 1 und 2 gibt. Die Spaltpilze können nun dreierlei machen. Sie können oxydieren, und sie können reduzieren. Das entspricht dem Zyklus der in ihnen enthaltenen Biatome. Drittens aber können sie spalten. Das entspricht ihrer eigenen Methode der Vermehrung, sie spalten sich selbst, wie sie die Verbindungen spalten, auf die sie wirken. Wieder hat dies einen Sinn

¹⁾ W. Zopf, Oxalsäurebildung durch Bakterien. Ber. d. deutsch. botan. Ges. XVIII. 32.

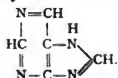
sowohl in bezug auf die Zusammenordnung der Biatome, die in ihnen zu einem Biomolekül verbunden sind, wie in bezug auf die Atomgruppierung in den zu spaltenden Verbindungen. Wir sehen dies am deutlichsten ein, wenn wir berücksichtigen, daß die Verbindungen, welche gespalten werden, häufig noch eine andere Eigenschaft haben. Sie wirken nämlich oft auf die Polarisation des Lichts. Der *Bacillus acidi lactici* wächst auf dem Milchsücker und bildet daraus Milchsäure, der *Bacillus tartricus* auf der Weinsäure, der *Bacillus aerogenes* auf der Äpfelsäure. Noch näher kommen wir diesem Verhältnis, wenn wir sehen, wie gewisse racemische Verbindungen durch Bazillen gespalten werden. So stellen wir die Linksmilchsäure her, indem wir den *Bacillus acidi laevolactici* auf einer Rohrzuckerlösung wachsen lassen. Von den $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, die hier dem Bazillus geboten werden, bleiben die $C_3H_6O_3$, welche links polarisieren, übrig. Überall treffen die Biomoleküle eine Auswahl innerhalb der optisch-inaktiven Verbindungen, die die Natur ihnen darbietet. So kam Pasteur, vergl. S. 90 f. Bd. I, zu der Annahme, daß optisch-aktive Moleküle nur von Lebewesen gebildet werden. Wenn seitdem die Bedingungen der optischen Aktivität erkannt worden sind und es möglich geworden ist, dieselben herzustellen kann uns das nicht hindern, doch den Gedanken Pasteurs zu verfolgen und zu fragen, ob nicht ein Zusammenhang zwischen dem Lebensprozeß und der Polarisation besteht. Wollen wir doch heute sogar die Bedingungen des Lebens und die Organisation der Biomoleküle erkennen, müssen wir uns da nicht anschließen an die vorausgegangene Erkenntnis der optischen Aktivität? Gerade die Spaltpilze sind es, welche uns hierzu einladen. Nicht bloß ihr Anklammern an die Substanzen, welche ihrer optischen Aktivität nach gespalten werden können, nicht bloß ihr Vermögen, veranlaßt uns, dies zu tun. Es liegt auch in der Spaltung selbst, die immer eine Längsspaltung des Stäbchens ist, eine Analogie mit der Spaltung einer racemischen Verbindung.

Sollte das nicht bloß eine Analogie sein? Sollte der Umstand, daß die Spaltpilze nicht nur auf ein- wie auf zweiwertige Verbindungen wirken, sondern auch aus ein- und zweiwertigen Biatomen bestehen, eine Hindeutung darauf sein, daß eben die Spaltung mit der Bildung dieser Verbindungen etwas zu tun hat?

Die Spaltung einer racemischen Verbindung ist das sicherste Mittel, aus einer bimolekularen Substanz eine unimolekulare zu machen. Wie ist nun die Zusammenordnung des Bia_1 und des Bia_2 innerhalb des Biomoleküls des Spaltpilzes zu verstehen? Nicht um eine einfache Umfassung des einen Biatoms durch das andere, wie bei den Mikrokokken kann es sich hier handeln. Die Spaltung selbst deutet daraufhin, daß hier etwas Neues auftritt, wobei Bia_1 und Bia_2 verschmolzen werden. Und zwar muß sich gerade in dem Stadium der Spaltung der Einfluß von Bia_2 auf Bia_1 , besonders geltend machen, wenn die Spaltung in einer Beziehung zur Polarisation steht. Wir müssen daher dieses Produkt der Verschmelzung der ungleichartigen Biatome und die Wirkung des Resultierenden auf die Außenwelt, die aktive Gruppe, die hier entsteht, zunächst untersuchen.

5. Kapitel. Ungleichartige Biatome im Biomolekül.

Ein- und zweiwertige Biatome, Bia_1 und Bia_2 wären also im Spaltpilz vereinigt. Es entsteht eine neue Art von Lebewesen. Wie ist das möglich? Ich erinnere an das, was ich in der ersten Unterabteilung sagte. In dieser neuen Art von Biomolekül zerfallen die Biatome, welche dasselbe konstituieren, es entsteht eine neue Art der Zusammenordnung, eine Gruppierung, welche neue Eigenschaften zeigt, d. h. den Kräften der Außenwelt gegenüber sich anders verhält. Und diese Gruppierung **markiert** die neue Art von Biomolekül, eben den Spaltpilz. Was veranlaßt eine solche Umgruppierung? Auch darüber habe ich schon gesprochen. Es ist das Lösungsmittel, welches eine Zusammenordnung der in gleicher Art sich lösenden Teile von Bia_1 und Bia_2 veranlaßt. Und dieses Zusammensein in dem Lösungsmittel veranlaßt wieder eine Verbindung. Haben wir solche Beispiele der Verbindungen ein- und zweiwertiger Radikale aus den beiden Zweigen des Zyklus, dem Nuklein- und dem Eiweißzweig? Ich will nur zwei anführen. Da ist das Purin. Es ist eine Verbindung des Pyrimidin mit dem Glyoxalin unter Austritt von 2 CH



Das Pyrimidin entsteht aus dem einwertigen CNH, das Glyoxalin aus dem zweiwertigen Glyoxal. Auf der Eiweißseite haben wir das Glutokyrin, die Verbindung der zweiwertigen Glutaminsäure mit den einwertigen Glykokollen und dem Arginin.

Beide müssen wir also als bei der Vereinigung von Bia_1 und Bia_2 entstanden ansehen. Freilich dem chemischen Inventar der Spaltpilze entnehmen wir die Beispiele nicht, sondern der physiologischen Chemie der Wirbeltiere. Aber wenn unsere Theorie richtig ist, wenn die höheren Lebewesen durch Zusammenfügung der niederen entstehen, wenn in die großen Biomoleküle die kleineren als Bioradikale eintreten, muß da nicht die chemische Analyse der ersteren dasselbe ergeben wie die der letzteren? Wo uns vergleichbare chemische Tatsachen vorliegen, ist es auch wirklich so, wie ich schon im ersten Bande sagte. Wir gehen in dieser Analogie gleich noch einen Schritt weiter, wenn wir uns mit der Spaltung beschäftigen. Die Analogie, die wir für einen solchen Vorgang haben in der unbelebten Natur, liegt in der Trennung der Rechts- und Linksweinsäure, wie sie Pasteur fand. Pasteur¹⁾ fand, daß unterhalb von 28° die Verbindung von Traubensäure mit Natrium und Ammonium in zwei verschiedenen Formen auskristallisiert. Beide Kristalle sind hemiedrisch, aber einander entgegengesetzt hemiedrisch. Durch Auslesen konnte Pasteur sie voneinander trennen. Als er jede Kristallart für sich auflöste, zeigte sich, daß sie in der Polarisation des Lichtes verschieden waren. Die einen drehten die Polarisations ebene nach rechts, die anderen nach links. Da erkannte Pasteur, daß die Traubensäure ein racemisches Molekül sei, bestehend aus einem Molekül Rechts- und einem Molekül Linksweinsäure. Dieses racemische Molekül kann sich nun aufspalten bei der Auskristallierung seines Natriumammoniumsalses unterhalb 28° . Da entstehen morphologisch sich unterscheidende Bildungen, welche sich wie Spiegelbilder zu einander verhalten, welche das Auge also unterscheidet. Diese morphologischen Unterschiede entsprechen einem chemischen. Die Verschiedenheit in der Gruppierung der Moleküle, wie die Kristallform sie dartut, beruht auf einem Unterschied in der Gruppierung der

¹⁾ Pasteur, Berl. B. 29. R. 112 und L. Ann. 226. 197.

Atome, wie es die Polarisation zeigt. Wieso kann nun diese Spaltung einer racemischen Verbindung zur Erklärung der Spaltung der Spaltpilze herangezogen werden? Das vorige Kapitel machte darauf aufmerksam, wie sehr die Spaltpilze racemische Verbindungen bevorzugen. Es ist noch weiter die Rede von der Spaltung der Kohlenhydrate und von dem Zurückgehen auf die Oxalsäure, die auch die Quelle der zweiwertigen Verbindungen ist. Wie kann nun eine solche Kristallisation die Ursache der Spaltung sein? Der Spaltpilz liegt in einer Lösung, die Kohlenhydrate enthält. Der oxydierende und der reduzierende Zweig des Zyklus der beiden Arten von Biatomen, die ihn zusammensetzen, sind nicht getrennt. Er enthält demgemäß sowohl Nukleine mit Fetten als Lösungsmittel, wie Eiweißkörper mit Fetten als Hülle. In der Lage, die wir als Ausgangspunkt wählen, befinden sich die Eiweißkörper außen, die Nukleine innen. In einer solchen Lage sind ja auch Spaltpilze öfters erhärtet worden, und in ihrem Innern wurde eine Art von Kern gesehen und gefärbt, so z. B. von Ernst¹⁾, der Spaltpilz wäre also umgeben von einer Fetthülle, und an diese stoßen die äußeren Kräfte. Sagen wir einmal, dieses seien die Stöße der gelösten Moleküle. Diese Kräfte der Außenwelt bewirken, wie wir von früher her wissen, eine Zersetzung im Innern des Biomoleküls. Diese Zersetzung hat, wie wir ebenfalls wissen, eine Trennung der Substanzen der Biatome zur Folge. Jedes Biatom macht seinen Zyklus für sich durch. Aber nicht die Biatome als Ganzes, sondern die Teile, die sich aus der Vereinigung im Biomolekül abgetrennt haben, durchlaufen jetzt die Veränderungen. Seien die äußeren Kräfte die Stöße der Kohlenhydrate, so sind es die zweiwertigen Biatome, welche auf dieselben, wie wir auch schon gesehen, am schnellsten reagieren. Ihre Teile haben sich getrennt und gehen jetzt aus dem Eiweißstadium in das Nukleinstadium über. Mit dem Nukleinstadium ist verbunden, daß das Fett jetzt nicht mehr als Hülle, sondern als Lösungsmittel dient. Die Hülle wird gebildet von Substanzen, die dem Wasser den Eintritt gestatten, vielleicht sind es selbst Kohlenhydrate. Diese veränderte Hülle gestattet dem draußen an die Oberfläche pochenden Kohlenhydrat den Eintritt. In

¹⁾ Ernst, P., Über Kern- und Sporenbildung in Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene V. 428.

dem Nukleïn der Biatome finden sie keinen Platz, weil dieses in Fett gelöst ist. Sie breiten sich daher in dem Eiweiß von Bia_1 , das in Wasser gelöst ist, aus. Hier findet der Oxydationsprozeß statt. Ist Weinsäure nicht ein Oxydationsprodukt der Kohlenhydrate? Die eingedrunghenen Kohlenhydrate werden also zu Weinsäure resp. zu Traubensäure oxydiert, denn noch sind sie racemisch verbunden.

Natrium und Ammoniak finden sie im Leib der Spaltpilze. Alles ist bereit für das getrennte Auskristalisieren, auch die Entziehung von Wasser innerhalb der Maschen des kolloidalen Eiweißes. Was aber bewirkt die Trennung? Offenbar ist Bedingung für die racemische Verbindung die Anwesenheit einer genau gleichen Zahl von rechts und links drehenden Molekülen. Kann diese Gleichheit gestört werden? Wir müssen uns da wieder an Pasteurs Befund erinnern, daß die Pilze, Spalt- wie andere Pilze für ihren Lebensprozeß die Moleküle von Verbindungen brauchen, welche eine bestimmte Polarisation besitzen. Auf racemischen oder inaktiven Verbindungen lebend, wählen sie die rechts oder links drehende Komponente für ihren Lebensprozeß aus, während sie die andere übriglassen. So wird auch das Bia_2 in dem Spaltpilz, von dem in den Maschen des Eiweißes vom Bia_1 befindlichen Kohlenhydrat nur die eine Polarisation auswählen, wenn es seinen Lebensprozeß fortsetzt. Und es wird diesen Lebensprozeß fortsetzen müssen, es wird aus dem Nukleïnstadium in das Eiweißstadium zurückkehren müssen, um den Zyklus zu vollenden und den Anfangszustand wiederherzustellen. Um das zu tun, braucht es neue C-haltige Atomgruppen. Wenn es die der Traubensäure entnimmt, eine bestimmte Polarisation bevorzugend, stört es das Gleichgewicht der in ihr enthaltenen Komponenten. Diese scheiden sich aus in Gemeinschaft mit Natrium und Ammoniak, die sie im Spaltpilz finden. Sie scheiden sich aus in getrennten Formen, und die Spaltung in eine rechte und eine linke Hälfte ist da. Gleichzeitig aber wird jede Hälfte wieder von einer Fetthülle umgeben, denn das Biatom kehrt wieder in den Eiweißzustand zurück, der eine Fetthülle bedingt.

Wie ist es aber, wenn die Spaltpilze nicht auf einer zweiwertigen oder kohlenhydrathaltigen Lösung wachsen? Dann werden die Stöße der Moleküle oder die äußeren Kräfte eine solche

Änderung des Biomoleküls bewirken, daß sie in den Teilen von Bia_1 ein Durchlaufen des Zyklus bewirkt. Und dieses Durchlaufen wird in bezug auf die einwertigen polarisierenden Verbindungen einen ganz ähnlichen Vorgang auslösen, wie ich ihn oben für die zweiwertigen schilderte.

Wie ist denn aber weiter, wenn die Spaltpilze sich nicht durch Spaltung vermehren, sondern durch Sporen fortpflanzen? Dann fällt eben die Trennung durch die Polarisation weg. Wahrscheinlich sind nicht genug polarisierende Substanzen in der Nährlösung. Aber nicht weg fällt die Fähigkeit der Oxydation und Reduktion. Beides vollzieht sich sowohl an den Teilen von Bia_1 wie an Bia_2 . Wenn die Reduktion an beiden vollendet ist, wenn sowohl Bia_1 wie Bia_2 Teile geliefert haben im Nukleinzweig des Zyklus, Teile, die untereinander verbunden sind und die Fett als Lösungsmittel besitzen, dann ist die Spore fertig.

Die Teilung erinnert uns an die Spaltung des Milchzuckers in die zwei Aldosen, die wir im 2. Kapitel dieser Unterabteilung besprochen. Die beiden Bioradikale, die in dem Biomolekül Spaltpilz drin steckten, haben sich vervollständigt. Sie trennen sich, sie werden selbständige Biomoleküle, denn es fehlt das, was den Zusammenhang aufrecht erhält.

6. Kapitel. Symbiose bei den Sproßpilzen.

Der wichtigste und bekannteste Vertreter der Sproßpilze ist die Hefe, der Urheber der Alkoholgärung. Zwei Stadien unterscheiden wir in dem Aussehen der Gebilde, das des Wachstums und das der Gärung. Während des Wachstums treten vakuolenähnliche Bildungen im Innern der Pilze auf. Diese Vakuolen sind nicht wirkliche Vakuolen, sondern sie treten an den Rand, wölben sich hervor und schnüren sich ab. Daher der Name Sproßpilze. Und diese Sprossen können oft längere Zeit mit dem Mutterpilz verbunden bleiben, es bilden sich ganze Ketten, indem ein Sproß immer neue erzeugt. Allmählich aber trennen sich diese Ketten, jedes Glied wird ein eigener Pilz, bereit, wieder neue zu erzeugen. Die Vakuolen sind also nicht Hohlräume, sie müssen Stoffe enthalten, die selbst wieder Pilze erzeugen können. Diese

Stoffe unterscheiden sich von denen des Mutterpilzes, während sie entstehen, sie sind weniger lichtbrechend als diese. Sie kommen in ihrer Lichtbrechung näher dem Medium, in dem die Pilze suspendiert sind, und da dieses eine wässerige Lösung ist, also dem Wasser. Mit der Gärung und durch die Gärung ändert sich diese Beschaffenheit. Die Gärung tritt in voller Stärke mit dem Aufhören des Wachstums ein, und während derselben erhält die Hefe allmählich ein eigentümliches Aussehen, indem die Membran des Hefepilzes dicker wird, die Vakuolen und Körnchen im Innern verschwinden und sie starke Lichtbrechung zeigt. Die Hefe gärt sich dabei langsam zu Tode, wenn der Zuckergehalt ihrer Nährflüssigkeit weiter reicht als ihre Lebenskraft. Im andern Falle vermag sie in frischer Nährflüssigkeit in der sie sich zunächst wieder lebhaft vermehrt, neue Gärung zu erzeugen.¹⁾ Wir lernen hieraus dreierlei.

Zunächst einmal, es gibt eine Verschiedenheit in den Stoffen, welche die jungen und die erwachsenen Hefepilze zusammensetzen.

Zweitens diese Verschiedenheit wird durch die Gärung bewirkt.

Drittens in den Nährlösungen finden sich Stoffe, die nicht Zucker sind, welche zur Bildung der Hefepilze notwendig sind. Sobald diese Stoffe erschöpft sind, stirbt die Hefe ab. Als Anwesenheit dieser Stoffe müssen wir wohl das Wort „Lebenskraft“, welches Luerssen gebraucht, übersetzen. Die erwachsene Hefe enthält Nukleïn, Hefenukleïnsäure, welche auch in Purinkörper und Phosphorsäure zerfällt wie die anderen Nukleïne. Die Stoffe der Vakuolen, aus denen die jungen Hefepilze entstehen, müssen also etwas anderes sein, aber etwas, woraus sich Nukleïn bilden kann. Die Hefe als Ganzes enthält auch Eiweiß. Aus Eiweiß kann sich Nukleïn bilden. Während der umgebende Leib des Hefepilzes sich mit Kernfärbemittel, z. B. mit Hämatoxylin, färbt, kann man die Vakuolen mit Protoplasmafärbemittel, z. B. mit Eosin, färben. Man darf es also für wahrscheinlich halten, daß die Vakuolen Eiweiß enthalten. Von Eiweiß geht das Material über in Nukleïn und Hüllsubstanzen. Der Hefepilz würde also im Sinne unserer früheren Auseinander-

¹⁾ Luerssen, Grundzüge der Botanik S. 206.

setzung den zweiten, den reduzierenden Zweig des Zyklus, in seiner Lebensentfaltung enthalten.

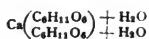
Der Übergang von Eiweiß zum Nukleïn aber bewirkt des Zuckers Übergang in Alkohol und Kohlensäure. Wie mag das zusammenhängen? Einen Stoff muß dabei das Eiweiß hergeben, welches zur Gärung notwendig ist, denn die Hefe gärt sich zu Tode, auch wenn noch Zucker vorhanden ist, wenn dieser Stoff ihr fehlt. Erhält sie aber frische Nährlösung und damit diesen Stoff, so vermehrt sie sich zunächst wieder lebhaft und beginnt dann die Gärung von neuem. Sobald dieser Stoff da ist, kann sie also aus dem Nukleïn und den Hüllsubstanzen wieder Eiweiß bilden, dann kann das Eiweiß diese Stoffe wieder an den Zucker abgeben, und durch die damit beginnende Gärung sich das Eiweiß wieder in Nukleïn verwandeln. Was ist das für ein Stoff? Wenn Nukleïn sich in Eiweiß verwandeln will, muß es H_3PO_4 abgeben, und wenn umgekehrt wieder Nukleïn sich bilden soll, muß es H_3PO_4 empfangen. Der Stoff muß also durch H_3PO_4 für den Hefepilz zu gewinnen sein, und er muß umgekehrt H_3PO_4 wieder fahren lassen, wenn er zur Gärung verwendet wird. Das deutet auf Ca, das als Tricalciumphosphat oder auch als sekundäres Phosphat PO_4CaH gewonnen wird und das dann die H_3PO_4 wieder frei läßt.¹⁾

Was aber hat $Ca(OH)_2$ mit der Gärung zu tun? Die Zucker bilden mit ihm die Sacharate. Die Sacharate sind keine Salze, sie sind Alkoholate. Nicht der H der Carboxylgruppe, sondern der H der Alkoholgruppe wird durch das Ca vertreten. Ein Typus dieser Art von Verbindungen ist das Calciumäthylat $Ca(OC_2H_5)_2$. Man schreibt die Sacharate gewöhnlich $C_6H_{12}O_6CaO$, $C_{12}H_{22}O_{11}CaO + 2H_2O$, $C_{12}H_{22}O_{11}2CaO$, $C_{12}H_{22}O_{11}3CaO$. Aber diese Formel kann doch nur der Ausdruck der Äquivalenz in der Zusammensetzung sein, sie gewährt keinen Einblick in den Aufbau. Denn um eine bloße Aneinanderfügung von CaO und $C_6H_{12}O_6$ oder $C_{12}H_{22}O_{11}$ kann es sich nicht handeln. Neue Eigenschaften haben sich in dem Sacharat entwickelt. Es fand also eine wirkliche Verbindung statt.

¹⁾ Anmerkung: Calciumphosphat findet sich in der Hefe, wie die Zusammensetzung von Pasteurs Flüssigkeit ergibt. Man muß sich erinnern, daß Pasteur von der Hefenasche ausging.

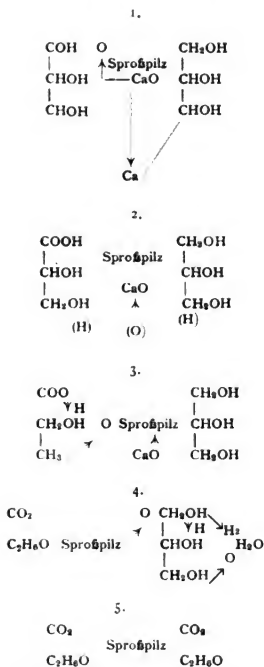
Zu einer solchen bietet aber CaO gar keinen Anhalt, es hat keine Valenz frei.

Auch wenn man den Zucker $C_6H_{12}O_6$ ansieht, muß man an eine Änderung denken. Die Anreihung des CaO an die Aldehydgruppe muß man sofort eliminieren, neben anderen Gründen schon deshalb, weil auch das $C_{12}H_{22}O_{11}$ der Rohrzucker keine Aldehydgruppe enthält. Wie in dem Calciummethylat wird auch in den Sacharaten das zweiwertige Ca dabei zwei Alkoholgruppen verbinden. Man wird also O von dem Ca abtrennen müssen, damit das Ca die Valenzen frei hat, mit denen es sich verbinden kann. Der O wird dabei an den Zucker wandern und für $C_6H_{12}O_6$ wenigstens können wir nicht in Zweifel sein, daß das an die Aldehydgruppe geschieht und diese in die Karboxylgruppe verwandelt. Wir hätten jetzt $C_6H_{12}O_7$, aber diese Säure könnte sich nicht mit dem Ca verbinden, weil dieser seinen O verloren hat und keinen wieder findet, wie die Analyse zeigt. Man muß sich wahrscheinlich die Sache so vorstellen, der Zucker reduziert das CaO, wie er bei der Trommerschen Probe das Kupferoxyd, bei der Böttcherschen das Wismutoxyd, bei der Mulderschen das Indigblau reduziert. Das übrigbleibende Ca aber wird nicht ausgeschieden, sondern verbindet sich mit anderen Radikalen im Zucker, das Ca muß in die Alkoholgruppe gegangen sein. In welche? Solange nichts für die eine oder andere Seite spricht, werden wir diese Gruppen, welche das Ca verbindet, am besten in die Mitte legen. Wir werden wohl am besten die Sacharate zunächst so schreiben.



Bei der Gärung kommt es nun zu einer Zerlegung von $C_6H_{12}O_6$ in $2 C_2H_6O$ und $2 CO_2$. Wenn aus dem Sacharat, nach der obigen Annahme aufgefaßt, das Ca wieder austritt, um in den Sproßpilz zurückzukehren, so würde es den Zucker in zwei Gruppen gespalten zurücklassen. Es tritt sicher wieder aus, denn zu einer dauernden Sacharatbildung kommt es nicht, und es tritt sicher unter Mitnahme des O als CaO wieder aus,

wahrscheinlich unter dem Einfluß einer Säure, mit der der Kalk sich verbindet. Der Vorgang wäre dann etwa so zu veranschaulichen:



Das nach 3 auf der einen Seite übrigbleibende Glycerin könnte der Sproßpilz entweder für seine Lebenszwecke verbrauchen, denn die Hefe bildet bei der Gärung tatsächlich Glycerin. Andererseits könnte sich auch dieses Glycerin in Äthylalkohol und Kohlensäure entsprechend 4 und 5 umwandeln. Sie würde dann den in 3 erhaltenen O in 4 wieder an das Glycerin

abgeben und Wasser zur Ausscheidung bringen. Mit dieser Darstellung stimmt in mancher Beziehung überein, was Ed. Buchner¹⁾ und Jak. Meisenheimer bei ihrer experimentellen Verfolgung der chemischen Vorgänge bei der Alkoholgärung gefunden haben und was sie zu der Schlußfolgerung führt, *dass die Milchsäure als Zwischenprodukt der Gärung anzusehen sei und dass dieselbe in Alkohol und CO₂ zerfalle.*

Ebenso stimmt es mit dem Obigen, wenn die genannten Autoren 2 Enzyme bei der Gärung annehmen, von denen das eine, Zymase, das Alkohol bildende sei, während das andere, Milchsäure bildende, den Namen Lactacidase erhält. Das eine wäre nach dem Obigen identisch mit der Wanderung von O zu und von dem Sproßpilz, das andere mit der Wanderung von Ca von und zu der Hefe.

Sehen wir so, wie wir uns die Gärung veranschaulichen können, so müssen wir jetzt andererseits nach der Rolle des Ca gegenüber den Nukleinen und Eiweißkörpern des Sproßpilzes fragen. Wir haben damit begonnen, daß wir uns sagten, bei der Umwandlung des Nukleins in die Eiweißkörper verlieren sie die H₃PO₄, welche sich der Ca(OH)₂ bemächtigt, der etwa als CaCO₃ in dem Lösungsmittel, d. h. im Nährboden, vorhanden ist. Die organischen Radikale der Eiweißkörper verbinden sich dagegen mit der H₂SO₄, von der wir früher annahmen, sie stamme aus dem MgSO₄ her, das sich zersetzt und dessen Mg sich dem Ca bei der Verbindung mit H₃PO₄ anschließt. Nun wird, wie wir auch schon gesehen haben, die H₂SO₄ in der Verbindung mit den Eiweißkörpern reduziert. Es entsteht schließlich das Cystin, in dem der S als SH₂ enthalten ist. Das ist der Moment, in dem das Ca aus der Verbindung mit H₃PO₄ wieder aufgenommen wird. Die Eiweißkörper zerfallen, es zerfällt auch das Cystin, und es bildet sich SCa. Auch dieses ist nicht beständig. Mit Hilfe von H₂O regeneriert sich SH₂, während CaO in der oben geschilderten Weise in den Zucker eintritt. Hat es da gewirkt und die Gärung eingeleitet, so wird CaO, von der unterdessen aus der Verbindung mit Mg wieder freigewordenen H₃PO₄, wieder gefangen.

¹⁾ E. Buchner und J. Meisenheimer Berl. Ber. 37, 417, 38, 620.

Auch diese Verbindung dauert nicht lange. Denn die H_3PO_4 wird von den unterdessen sich regenerierenden Nukleinen mit Beschlag belegt. Damit wäre der Anfangszustand wieder erreicht. Es veranschaulicht diese Übersicht etwas den fortwährenden Wechsel in der Bindung mit organischen und anorganischen Gruppen. Wieviel von der lebhaften Bewegung, die die Gärung und die Wirkung der Hefe in Zuckerlösungen charakterisiert, diesem Wechsel und wieviel dem Freiwerden der gasförmigen CO_2 , dem Übergang derselben in den andern Aggregatzustand zuzuschreiben ist, wissen wir einstweilen nicht. Jedenfalls leistet diese Vorstellung von der Gärung sowohl den Forderungen Liebig's¹⁾ wie den Forderungen Pasteurs²⁾ Genüge. Den Forderungen Liebig's, indem sie die Gärung als eine chemische Umsetzung nachweist, den Forderungen Pasteurs, indem sie dieselbe auf einen Lebensvorgang zurückführt. Praktisch genommen zeigen die Experimente Buchners³⁾ das Gleiche. Schon im ersten Bande habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie es im Grunde nur die kolloiden Bildungen seien, welche die fermentativen Umsetzungen bewirken, wie diese kolloiden Bildungen aus den lebenden Wesen extrahiert werden können, wie sie aber durch deren Lebensprozeß hervorgebracht würden. Jetzt hier sehen wir, was für kolloide Bildungen die Zerlegung des Zuckers veranlassen, wir lernen, wie sich deren Hervorbringung in das Leben des Sproßpilzes einfügt und was für Beziehungen die organischen und anorganischen Moleküle haben.

Eines bleibt uns zunächst unklar. Warum gärt sich die Hefe zu Tode, solange noch Zucker vorhanden ist, warum lebt sie wieder auf bei Zufuhr neuer Nährlösung? Nach den obigen Betrachtungen kehrt doch das Ca in den Anfangszustand zurück. Aber nur dann, wenn aller Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird. Es werden aber bei jeder Gärung eine Anzahl Nebenprodukte gebildet, unter denen nach Pasteur⁴⁾ Glycerin eines der wichtigsten ist.

¹⁾ Liebig J.v. Sitzungsber. d. bayr. Akad. II 323.

²⁾ Pasteur Ann. de chimie et phys. LVIII 53, LXIV. 1.

³⁾ E. Buchner, Alkoholgärung ohne Hefezellen. Berl. Ber. 30, 117.

⁴⁾ Pasteur Compt. rend. 48, 1149.

Glyzerin aber wird aus Glyzerinaldehyd durch Reduktion gebildet. Glyzerinaldehyd aber ist das Zwischenprodukt, das nach unseren Auseinandersetzungen bei der Gärung entsteht. Wird es reduziert, so wird das Mittel zur Reduktion den Eiweißkörpern entzogen. Dann kann sich S_{Ca} nicht bilden und dann auch nicht der Übergang an den Zucker stattfinden. Die Zufuhr neuen Nährmaterials muß daher zuerst zur Bildung neuer Eiweißkörper führen.

Sind wir nun soweit gekommen, so fragt es sich, welche Biatome setzen eigentlich das Biomolekül der Sproßpilze zusammen?

In dem Kapitel über die ungleichartigen Biatome im Biomolekül haben wir gesehen, wie in den Spaltpilzen eine neue Art der Zusammenfassung stattfindet. Die Kokken zeigten die Zusammenfassung gleichartiger Biatome, die Spaltpilze die ungleichartiger. Dabei waren in den Spaltpilzen die Bioradikale vorhanden, welche, zu selbständigen Biomolekülen geworden, den Kokken entsprachen, welche aber Teile des Spaltpilzes und Zusammenfassungen von ungleichartigen Biatomen darstellten. Diese Ungleichartigkeit gibt Veranlassung zur Bildung einer neuen Einheit, die in dem Biomolekül ihren Ausdruck findet. Jetzt haben wir es mit den Sproßpilzen zu tun, die höher stehen als die Spaltpilze in den Eigenschaften sowohl wie in der Größe. Wie die Kokken als Bioradikale in den Spaltpilzen stecken, so sind die Spaltpilze in den Sproßpilzen. Geht die Bildung des Biomoleküls in den Spaltpilzen von den Vereinigungen der gleichartigen Biatome zu der Vereinigung ungleichartiger über, so findet jetzt wieder ein Umschlag statt, es werden gleichartige vereinigt. Aber diese gleichartigen, die vereinigt werden, sind selbst wieder aus ungleichartigen zusammengesetzt. Es sind nicht Biatome, die vereinigt werden, sondern Bioradikale. Es wird eine neue Verwirklichung gebildet, insofern es sich bei ihr um eine Wiederholung der ersten Vereinigung, nämlich um eine Umfassung von Gleichartigem, handelt. Man hat nun auch einen gewissen Gegensatz in dem anorganischen Material, das das Gerüst für die Hülle bildet. Bei der Zusammenfassung, von der wir ausgingen, dem Mikrokokkus der *Torula ureae*, wurde dieses Gerüst gebildet von der phosphorsauren Ammoniakmagnesia. Hier bei der Hefe da-

gegen, wo nicht die Biatome, sondern die Bioradikale zusammengefaßt werden, haben wir als wirksamen Bestandteil den Kalk. Wäre es trotzdem möglich, daß als Gerüstbestandteil die Magnesia in Betracht käme? Wir haben vorhin gesehen, wie H_3PO_4 und H_2SO_4 zwischen Kalk und Magnesia hin und her gehen können, wenn organische Substanzen sie dabei unterstützen, z. B. Nukleïn und Eiweiß. Wie könnten die aber zwischen Kalk und Magnesia liegen? Wenn es eine äußere Hülle, die kalkhaltig, und ein inneres Gerüst, das magnesiahaltig wäre, gäbe, so könnten zwischen ihnen je nach der Stufe der Bildung oder Fortpflanzung Nukleïn oder Eiweiß liegen. Ein solch äußeres Gerüst könnte es aber geben, wenn die Zusammenfassung der Bioradikale zu dem Biomolekül „Sproßpilz“ auf einer kalkhaltigen Hülle beruhte. Im Innern dagegen würden die Biatome zu den Bioradikalen zusammengefaßt, und zwar durch eine magnesiahaltige Hülle. Beide Zusammenfassungen sind einander ähnlich, wie Kalk und Magnesia es sind, und doch sind sie voneinander wieder verschieden, gerade auch in ihrem Verhalten zu H_3PO_4 und H_2SO_4 . Wie aber verhalten sich die organischen Hüllsubstanzen Kohlenhydrate und Fette? Die Hefe hat auch eine doppelte Art der Fortpflanzung, bei der bald die einen, bald die anderen in Anspruch genommen werden, wie bei den Spaltpilzen. Nur ist das morphologische Verhältnis gerade umgekehrt wie bei diesen. Wo die Hefe gärt und lebt, vermehrt sie sich durch Sprossung.

Wo aber die Bedingungen hierfür nicht gegeben sind, da teilt sie sich gewöhnlich in vier Körper, die durch Zerfall des alten Körpers in Freiheit gesetzt werden. Diese Körper werden hier Sporen genannt, denn sie sind die widerstandsfähigen, da sie die Fähigkeit der Keimung lange Zeit behalten. Die gärende Hefe sproßt. Ein kugeliges Körper bringt einen andern gleichfalls kugeligen hervor. Das ist die Rückkehr zur Kokkenvermehrung. Wenn die Bedingungen für das Leben ungünstig werden, erlangt die Vermehrung durch Sporen die Oberhand. Die Trennung der Hefe in vier Sporen ist nichts anderes als die Spaltpilzspaltung in zwei aufeinander senkrechten Richtungen. Was beim Spaltpilz das Gewöhnliche war bei lebhafter Ernährung, wird bei der Hefe zum Ungewöhnlichen. Was beim Spaltpilz nur in einer Rich-

tung vorkam, kommt im Sproßpilz in zwei Richtungen vor. Bei der Sprossung sind es die Kohlenhydrate, die die äußere Hülle bilden. Was wir früher schon sahen, gilt auch hier. Der äußere Nährboden ist nur eine Ergänzung des Inneren. Es strömen von außen viele Kohlenhydrate zu, solange im Innern, durch den Prozeß, den wir schon bei den Spaltpilzen besprachen, viele gebildet werden. Hört die lebhaftige Gärung auf, dann werden Fette gebildet.

Zum Schlusse dieses Kapitels wird man fragen, was bedeuten alle diese Vorgänge für das Verständnis des Aufbaus des Sproßpilzes aus den Biatomen. Der Weg des Aufbaus führt von den Kokken über die Spaltpilze zu den Sproßpilzen. Nachdem bei den Spaltpilzen sich die Teilung geltend gemacht hatte, zeigen die Sproßpilze eine Rückkehr zu dem Vorgang der Fortpflanzung, der bei den Kokken herrschte. Aber die Sproßpilze spalten auch, wie die Zerstörung des Zuckermoleküls beweist. Nicht bei der Fortpflanzung, sondern bei der Wirkung auf ihre Umgebung zeigen sie die Eigenschaften der Spaltpilze. Es ist das Ca, das diese Spaltung bewirkt und Ca entdeckten wir noch nicht in dem Kulturfeld der Kokken. Zunächst erscheint das unentwirrbare, aber allmählich wird wohl einiges Licht auf dies Verhältnis der anorganischen Atome und der Biatome fallen.

7. Kapitel. Fadenpilze.

Wir wählen als Beispiel einen der bekanntesten Fadenpilze, das *Penicillium glaucum*, und wir folgen in der Darstellung von seinen Formen Huxley und Martin in ihrer *Practical Biology*.¹⁾ Sie sagen: „Wenn man dieselbe mit einem Vergrößerungsglas untersucht, so zeigt sich, daß das grüne Aussehen zum großen Teil herrührt von einem sehr feinen Pulver, welches sich von der Oberfläche des Pilzes bei der leisesten Berührung löst. Unter diesem liegt ein Filz von zarten, röhrenförmigen Fäden, den Hyphen, die eine Kruste bilden, ähnlich wie Fließpapier, dem Mycelium. Von der freien Oberfläche ragen unzählige

¹⁾ Huxley und Martin, *A course of elementary Instruction of Practical Biology*, 1888.

Hyphen in die Luft und tragen das grüne Pulver. Sie sind die Lufthyphen. Auf der andern Seite gibt die anhängende Oberfläche den Ursprung ab für eine Menge längerer, verzweigter Hyphen, die in die Flüssigkeit hineinragen, in welcher die Kruste wächst, wie ebensoviele Wurzeln, und die man die untergetauchten Hyphen nennen kann. Wenn der Fleck von *Penicillium* nur eine geringe Ausdehnung hat, im Verhältnis zu der Oberfläche, auf welcher er liegt, so sieht man Mengen von silberglänzenden Hyphen, die von der Peripherie ausstrahlen und die viele untergetauchte, aber wenige oder keine vertikale oder Luftäste abgeben. Wenn man eine Hyphe einer mikroskopischen Untersuchung unterwirft, so sieht man, daß dieselbe aus einer durchsichtigen Wand besteht, (welche denselben Charakter besitzt wie die Zellwand von Hefe) und protoplasmatischen Inhalt, der die Röhre füllt, die von der Wand gebildet wird und große, zentrale helle Ketten oder Vakuolen enthält. In Zwischenräumen teilen transversale Wände, die mit der Wandung der Röhre zusammenhängen, dieselbe in längliche Zellen, von denen jede einen entsprechend verlängerten protoplasmatischen Sack oder primordiales *utriculus* enthält. Jede Zelle enthält eine Anzahl kleiner Kerne, deren Gegenwart man nur durch die Anwendung von Färbemitteln entdecken kann. So gewährt uns *Penicillium* in dem vegetabilischen Königreich das erste Beispiel von vielkernigen Zellen. Die Hyphen verzweigen sich oft, und in der Kruste sind sie unentwirrbar miteinander verflochten; aber jede Hyphe mit ihren Verzweigungen ist vollständig geschieden von jeder anderen. Die Lufthyphen, welche sich nahe der Peripherie finden, enden in einfachen runden Endgliedern, aber die andern enden in Büscheln von kurzen Zweigen, und jeder dieser Zweige, in dem Maße, als er wächst und sich verlängert, wird durch Querabteilungen in eine Serie von abgerundeten Sporen, die wie eine Reihe von Knoten angeordnet sind, abgeteilt. Man nennt die Sporen, die auf diese Weise gebildet werden, Konidien und die Hyphen, welche dieselben tragen, Konidiophoren. Am freien Ende jedes Fadens des Büschels hängen die Konidien nur sehr lose an demselben an und bilden das oben erwähnte grüne Pulver. Wenn man es für sich betrachtet, erscheint das Konidium als ein kugeliges Körper, der von einem durchsichtigen Sack ge-

bildet wird, welcher eine kleine Menge Protoplasma und einen Kern enthält, in allen wesentlichen Punkten ähnlich einem Hefepilz. Wenn man es in einem passenden Nährboden aussät, z. B. in Pasteurs Lösung mit oder ohne Zucker, so keimt das Konidium. Von einem bis zu vier Punkten der Oberfläche erscheint dieselbe aufgetrieben und eine Hervorwölbung der Zellwand und des protoplasmatischen Inhalts macht sich geltend. Diese verlängert sich rasch und indem sie fortwährend am freien Ende wächst, wird sie zum Ursprung einer Hyphe. So nimmt das junge Penicillium die Form eines Sterns an, indem jeder Strahl eine Hyphe darstellt.“

Weiter heißt es S. 418 u. f. d. gl. Ausg. „Bei Penicillium haben wir zum ersten Male eine Differentiation des Körpers der Pflanze in verschiedene Organe. Auf der einen Seite haben wir die Hyphen, die den vegetativen Teil des Organismus darstellen, auf der anderen die Konidien, deren Funktion rein reproduktiv ist.

Die Hyphen selbst sind entweder untergetaucht, oder in die Luft ragend. Die ersteren können von einem rein physiologischen Standpunkt aus, der das Leben des Pilzes in Vergleich mit den Pflanzen setzt, als Wurzeln beschrieben werden, da sie durch zwei Aufgaben charakterisiert sind, erstens durch die Befestigung der Pflanze auf ihrer Unterlage und zweitens durch die Aufnahme von Nahrung aus derselben. Die Lufthyphen auf der anderen Seite, soweit sie Sauerstoff aus der Luft aufnehmen und die Fortpflanzungsorgane tragen, können dem Stengel oder Laubstamm der höheren Pflanzen verglichen werden. Neben den geschlechtslosen Organen, welche seither beschrieben wurden, produziert Penicillium auch gelegentlich Strukturen, welche Geschlechtsorgane darzustellen scheinen. Huxley und Martin¹⁾ ziehen es indessen vor, dieselben nach einem andern Pilz, dem Eurotium Aspergillus glaucus zu beschreiben, weil sie da deutlicher erscheinen. Sie sagen darüber: „Nachdem der Pilz einige Wochen gewachsen ist, beginnen die sexuellen Früchte zu erscheinen. Sie können erkannt werden als kleine, runde, gelbe Körper, und sie werden leicht unterschieden von den Konidien durch ihre Farbe und ihre sitzende Stellung. Die Entwicklung dieser Früchte ist etwas verwickelt.

¹⁾ Huxley und Martin, Practical Biology. 1888. S. 419.

Ein Zweig wächst heraus von einer der Hyphen und wird spiralig gewunden wie ein Korkzieher. Dieser Zweig wird das Askogonium genannt. Ein zweiter Zweig (genannt das Pollinodium) wird in der unmittelbaren Nachbarschaft des ersten gebildet. Dieser legt sich enge an das Askogonium an, und es wird angegeben, daß eine Verschmelzung an der Berührungsstelle stattfindet. Danach vergrößert sich das Askogonium beträchtlich und bringt eine Anzahl keulenförmiger Zweige hervor, genannt Asci, von denen jeder in seinem Innern 8 Sporen bildet. Inzwischen bilden eng miteinander verschlungene Hyphen, die sich von unterhalb der Askogoniums erheben, eine dichte Hülle um die Frucht. Die Produktion von Sporen in den Asci ist charakteristisch für eine sehr große Gruppe von Pilzen, aber nur in Ausnahmefällen verdanken die Asci ihren Ursprung dem Vorgang der Befruchtung. Die Sporen, welche in den Asci gebildet werden, nennt man Askosporen, und sie bringen die gewöhnliche Art des Pilzes hervor.¹⁾*

So sehen wir das Leben des Fadenpilzes oder den Zyklus seines Biomoleküls getrennt in zwei verschiedene Generationen, die geschlechtliche und die ungeschlechtliche. Die beiden wechseln bis zu einem gewissen Grade miteinander ab, denn die Askosporen bringen die gewöhnliche konidientragende Form des Pilzes hervor und die Konidien wieder die ascibildende. Die Abwechslung ist aber doch keine vollständige, denn mehrere Wochen muß der Pilz schon gewachsen sein, bis Geschlechtsorgane erscheinen. Mit andern Worten, es müssen viele ungeschlechtliche Generationen aufeinander gefolgt sein, sich gegenseitig erzeugt haben, bis eine geschlechtliche erscheint. Gleich werden wir da erinnert an das Verhältnis, das wir schon bei den Spalt- und den Sproßpilzen kennen lernten, daß wir eine häufig eintretende, während des eigentlichen Wachstums stattfindende Art der Fortpflanzung hatten und daneben eine seltenere, ganz anders geartete. Bei beiden Generationen haben wir den Gegensatz zwischen den eigentlich vegetativen Organen, den Hyphen und den reproduzierenden, das eine Mal den Konidien, das andere Mal Askogon, Pollinodium und Askosporen. Die Hyphen selbst müssen wir

¹⁾ Huxley und Martin, Practical Biology. 1888. S. 420.

wohl unterscheiden in untergetauchte oder Wurzeln, in Mycelium an der Oberfläche und in Lufthyphen. Jede Art muß ihren eigenen Chemismus haben.

Damit kämen wir dazu, uns zu fragen, was wir eigentlich zur Ergänzung dieser morphologischen Betrachtungen von chemischen Erfahrungen beibringen können. Es ist wenig genug davon. Zunächst einmal wissen wir von der Natur des Nährmaterials, auf dem wir die Pilze antreffen, daß es wesentlich die Kohlenhydrate sind, welche dieselben brauchen. Brauchen sie allein diese? Wenn sie Eiweißkörper und Nukleine aufbauen, müssen sie auch stickstoffhaltiges Material haben. Ein solches konnten sie neben den Kohlenhydraten auch in ihrem Nährboden finden und ebenso die anorganischen Materialien. Besonders deutlich werden uns die Bestandteile, aus denen sich die Fadenpilze aufbauen, wenn wir entsprechend der Vorschrift von Huxley und Martin ein Konidium in einer Pasteurschen Lösung keimen lassen¹⁾. Eine solche „mit Zucker“ enthält:

Phosphorsaures Kalium KH_2PO_4	20
Phosphorsaurer Kalk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2
Schwefelsaure Magnesia MgSO_4	2
Weinsaures Ammoniak $(\text{NH}_4)_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	100
Rohrzucker $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$	1500
Wasser (H_2O)	8376

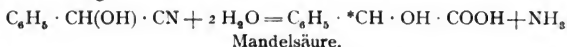
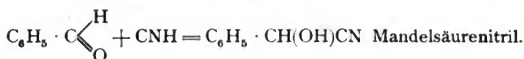
10 000 Teile

Aus ihr kann das Konidium aufnehmen, was es zur Bildung des *Penicillium*s braucht, und wir erkennen hier wieder die Bestandteile, denen wir schon öfter begegnet sind. Was aber bildet der Fadenpilz aus diesen Bestandteilen? Einige merkwürdige Beschränkungen haben zunächst die Chemiker uns kennen gelehrt, als sie nach dem Vorbild Pasteurs *Penicillium* aussäten auf racemischen Verbindungen.

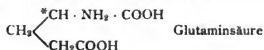
Da ist zunächst die Traubensäure $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ d + l, auf der Pasteur selbst die Aussaat besorgte. Der Pilz verbraucht die Rechtsweinsäure und läßt die Linksweinsäure übrig. Nun aber machte man die Entdeckung, daß, wenn man *Penicillium* auf optisch inaktive Mandelsäure verpflanzte, es die Rechtsmandel-

¹⁾ Dasselbst S. 384.

säure übrig läßt und die Linksmandelsäure verbraucht. Da ist also nicht die Polarisation schuld an dem Nichtverbrauch, denn in dem einen Fall wird eine linksdrehende, in dem andern eine rechtsdrehende Substanz übriggelassen. Was ist die Mandelsäure für ein Körper? Man kann sie synthetisch herstellen aus Benzaldehyd und Cyanwasserstoff.



Die Mandelsäure hat also einen aromatischen Kern mit Seitenkette. In letzterer besitzt sie bei * ein asymmetrisches C-Atom, dem sie ihre Polarisation verdankt. Dieses Atom an sich ist gar nicht verschieden von denen, die auch in der Weinsäure vorkommen, und doch wird von der Mandelsäure die linksdrehende, von der Weinsäure die rechtsdrehende Modifikation verbraucht. Es muß also in den Gruppen, die mit dem asymmetrischen C-Atom verbunden sind, begründet sein, welche Modifikation verbraucht wird. Da merken wir uns zunächst, sind aromatische Gruppen vorhanden, so wird die linksdrehende, sind aliphatische Gruppen vorhanden, so wird die rechtsdrehende Modifikation verbraucht. Das gilt für die N-freien Moleküle. Wie verhält es sich mit den N-haltigen, die auch eine Polarisation zeigen. Wenn man auf das optisch inaktive Leucin das Penicillium aussät, so läßt es das Rechtsleucin übrig. Sät man es dagegen auf die optisch inaktive Glutaminsäure, so bleibt die Linksglutaminsäure übrig. Bei beiden N-haltigen Verbindungen sitzt der N an dem asymmetrischen Kohlenstoffatom.



Aber die Säure, von der die linksdrehende Modifikation verbraucht wurde, ist einwertig, die, von der die rechtsdrehende verbraucht wurde, ist zweiwertig. Sehen wir uns das noch einmal an. Die Mandelsäure ist einwertig. Von ihr wird die linksdrehende Modifikation verbraucht, die Weinsäure ist zweiwertig, und von

ihr verbraucht das *Penicillium* die rechtsdrehende. Wir berichten noch, was die Chemiker mit Erstaunen erfüllt, daß nämlich *Saccharomyces ellipsoideus* aus der inaktiven Mandelsäure die Linksmandelsäure bildet, also die Rechtsmandelsäure verbraucht. Von den zweiwertigen Substanzen werden also seitens der Fadenpilze die rechtsdrehenden Modifikationen, von den einwertigen die linksdrehenden verbraucht. Bei den Sproßpilzen ist es umgekehrt. Unser Fadenpilz wächst nun vorzugsweise auf rechtsdrehenden Substanzen. Das Pasteursche Kulturfeld bietet ihm den Rohrzucker, der rechtsdreht, und ebenso die d-Weinsäure des Ammoniumsalses.

Wir sehen einerseits den Unterschied gegenüber dem Sproßpilz, andererseits die Beziehungen zur Polarisation. Daß ein Unterschied bestehe, ist selbstverständlich, aber worin besteht er? Wir haben von den Kokken an in dem Aufbau der Lebewesen eine aufsteigende Linie verfolgt, und wir haben gesehen, daß dieselben sowohl durch das Hinzutreten neuer Arten von Biatomen, wie durch die Verkettung derselben, zu Biomolekülen werden. Bei den Kokken hatten wir nur gleichartige Biatome, bei den Spaltpilzen ungleichartige. Bei den Spaltpilzen waren die ungleichartigen zum Biomolekül zusammengefaßt, bei den Sproßpilzen sind es wieder die gleichartigen, welche selbst wieder aus ungleichartigen bestehen. Welche Erweiterung ist nun bei den Fadenpilzen möglich? Nur die, daß jetzt neue Arten von Bioradikalen hinzutreten. Welche neue Arten? Ein- und zweiwertige Biatome hat man schon bei den Spaltpilzen kennen gelernt, und sie stecken auch beide drin in den Fadenpilzen, wie die Tatsachen über die Polarisation lehren. Aber seither hat man immer während des Lebens Nuklein und Hüllsubstanzen gebildet gesehen. Nur für die Fortpflanzung wurden Eiweißkörper gebildet. Alle Biatome, die an den seither betrachteten Lebewesen beteiligt waren, gehörten also nach der Nomenklatur, die ich einführte, den Typen $Bia-o_1$ und $Bia-o_2$, $Bia-r_1$ und $Bia-r_2$ an. Bei den Fadenpilzen eröffnet sich eine neue Formenfülle, wie ich schon hervorhob. Sie eröffnet uns in dreierlei Beziehung Neues. Zuerst sind die länglich ausgedehnten Gebilde zu Fäden auseinander gezogen, es sind gewissermaßen die Stäbchen aneinander gegliedert. Das geschieht durch die Querwände. Denn die so entstandenen Hyphen zerfallen

durch dieselben wieder in Abteilungen, die Zellen. In diesen Zellen zeigt sich die zweite Neuigkeit. Es gibt einen Gegensatz in dem Inhalt, der von den Wänden umschlossen wird, zwischen Kern und Protoplasma. Nicht bloß abwechselnd sind Nuklein und Eiweiß vorhanden, sondern gleichzeitig. Sie gehören beide den vegetativen Organen an, nicht das eine den vegetativen, das andere den reproduzierenden. Es müssen also in dem Anfang des Zyklus zweierlei Arten von Biatomen vorhanden sein sowohl reduzierende wie oxydierende. Und eine solche Verdoppelung der Fähigkeiten sehen wir auch dann, wenn wir den Rückmarsch des Zyklus betrachten in der geschlechtlichen Generation. In den männlichen und weiblichen Geschlechtsprodukten haben wir Eiweiß und Nuklein. Entsprechen die Geschlechtsprodukte mit ihrem Eiweißgehalt den Nukleinen, die sich in dem Individuum des Fadenpilzes finden, so entsprechen andererseits die Nukleine der Geschlechtsprodukte den Eiweißen in den Zellen des Hyphen. Wir haben also zweierlei Biatome nebeneinander, die sich nicht durch ihre Wertigkeit unterscheiden, als Bia_1 und Bia_2 , wie wir es seither gesehen, sondern durch die chemischen Umsetzungen. Wir müssen sie als Bia_o und Bia_r unterscheiden. Wie kann es nun kommen daß gleichzeitig unter der gleichen Einwirkung äußerer Kräfte ein Biatom im oxydierenden oder Eiweiß-, ein anderes im reduzierenden oder Nukleinzweig seines Zyklus steht? Das setzt eine neue Verbindung der Biatome voraus, von der ich in diesem Sinne noch nicht sprach. Die organischen Substanzen kann die äußere Kraft direkt nicht treffen, denn die sind in allen Biatomen nur durch die Wertigkeiten unterschieden. Also muß sie die anorganischen Substanzen treffen. Schon haben wir gesehen, daß dieselben nicht immer gleich sind. Wir sahen bei den Kokken, wie die Magnesia ausgeschieden wurde und in den Zyklus eingriff, bei den Sproßpilzen war es der Kalk. Schon in der ersten Abteilung S. 9 habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie gerade an den anorganischen Substanzen die Kräfte der Außenwelt ihren Angriffspunkt haben und wie sie gerade die Umkehrung im Zyklus bewirken. Hier haben wir ein Beispiel. Bia_o und Bia_r verhalten sich der Außenwelt gegenüber gerade umgekehrt. Wenn durch diese Bia_o zur Oxydation veranlaßt wird, dann geht Bia_r zur Reduktion über. Das ist die Folge

der verschiedenen Grundsubstanz, die die beiden Arten haben. Wenn es nun unter den Bia, wie wir seither sahen, ganz allgemein eine Differenz von Bia_1 und Bia_2 gibt, so wird diese Differenz sich wohl auf $Bia-o$ wie auf $Bia-r$ erstrecken. Wir werden daher $Bia-o_1$ und $Bia-o_2$, $Bia-r_1$ und $Bia-r_2$ unterscheiden müssen, vier Biatome mit vier verschiedenen Grundsubstanzen. Sind alle vier in dem Fadenpilz vereinigt? Ja und auch wieder nein. Wir haben bereits gesehen, daß der Fadenpilz eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation hat. Die Konidien und ihre Träger einerseits, die Askogone, Pollinodien und ihre Träger andererseits gleichen sich nicht. Wir können die Differenzen dieser Vorgänge und alles, was sich an das Geschlecht anknüpft, noch nicht erörtern. Hier tritt es uns zum erstenmal entgegen. Aber eines können wir an dieser Ungleichheit gleich feststellen, sie muß die Grundlagen des Lebens selbst betreffen. Wenn das einermal das Nuklein sich sondert von dem Eiweiß, das anderemal nicht, wie es in der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generation der Fall ist, so trifft das den Zyklus der Biatome selbst. Keine Differenz der quantitativen Verhältnisse kann das erklären. So müssen wir folgern, in der geschlechtlichen und der ungeschlechtlichen Generation sind nicht die Biatome in der gleichen Weise tätig. Freilich es handelt sich in beiden um eine Abwechslung des Nukleins und des Eiweißzweiges des Zyklus. $Bia-o$ und $Bia-r$ müssen beide enthalten. Sie müssen weiter mindestens ebensoviel Verschiedenheit in bezug auf Ein- und Zweiwertigkeit wie die Spaltpilze enthalten, wie schon ihr Verhalten gegen die polarisierenden Substanzen beweist. Diese Möglichkeit muß aber diejenigen Biatome betreffen, welchen den Hauptteil ihres Lebens ihr Wachsen ausfüllt, also die $Bia-r$. Sie müssen beide $Bia-r_1$ und $Bia-r_2$ enthalten. Also kann ihre Verschiedenheit nur auf dem $Bia-o$ beruhen.

Hier finden wir $Bia-o$ zusammengefaßt mit $Bia-r$. Wir haben darauf bereits zurückgeführt die Entstehung von Zellen in den Fadenpilzen, d. h. die gleichzeitige Anwesenheit der Substanzen, welche der eine und der andere Zweig des Zyklus produziert. Indessen ist es noch etwas anderes, was wir zum erstenmal in den Fadenpilzen finden und was gleichfalls darauf

zurückzuführen ist. Das sind die Lufthyphen. Alle Biomoleküle, die wir seither betrachteten, waren in Wasser versenkt. Auch das Mycel der Fadenpilze, besonders die Wurzeln¹⁾, wie wir oben sagten, sind es. Von ihnen aber erheben sich die Hyphen, welche die Konidien oder Askogon und Pollinodium tragen in die Luft. Einmal ist das eine Arbeitsleistung, denn das geschieht entgegengesetzt der Schwerkraft. Dann ist es eine Abweichung von der seitherigen Richtung, es geschieht senkrecht zu dieser in einer neuen Dimension. Endlich geschieht es in einem neuen Medium, in einem Medium, in dem die äußeren Kräfte anders wirken und das kein neues Nahrungsmaterial zuführt. Diese Lufthyphen tragen die Geschlechts- und Fortpflanzungsorgane. In denen kehrt sich der Zyklus des Biomoleküls um. Was vorher oxydierend war, wird jetzt reduzierend und umgekehrt. Und dieses Durchlaufen des Zyklus geschieht von den Teilen der Biatome für sich, so haben wir auch schon gelernt und auch schon den Schluß gezogen, daß in den Fortpflanzungsorganen diese Teile sich aufs neue sammeln. Wenden wir das auf den Fadenpilz an. *Bia-r*₁ und *Bia-r*₂ haben die Hülle und die Kernsubstanzen des Mycels gebildet. Die Hülle war für Wasser durchlässig, die Substanzen, welche zur Ernährung, zum Wachsen dienten, drangen herein. Die Kernsubstanzen waren in Fett gelöst. Jetzt erheben sich die Lufthyphen aus dem Wasser. Es dringen keine Substanzen aus dem Wasser mehr ins Innere. Die äußere Hülle verändert sich, das Innere auch. Die Kernsubstanzen verbinden sich mit dem Fett, das sie löst, zu Eiweißkörpern in dem oxydierenden Zweig des Zyklus, d. h. in den Fortpflanzungsorganen. Und ein Teil des Fetts bildet eine Hülle um diese Eiweißkörper. Umgekehrt muß sich die Vorbereitung zur Fortpflanzung in dem *Bia-o* vollziehen. Das Eiweiß in den Zellen war von ihm gebildet. Und es war umgeben von einer Fetthülle. Jetzt geht es über in das Nukleinstadium mit Fettlösung. Dieses lagert sich ein in den Geschlechtsorganen. Die Zellen verschwinden, und es bilden sich neue Gebilde bei dieser Vertauschung. Die Moleküle des Sauerstoffs, welche in die Lufthyphen frei eindringen, haben zuerst ihre Wirkung auf die äußeren Teile, die *Bia-r*.

¹⁾ Huxley und Martin, Practical Biology. S. 416.

Ihre Überführung in Eiweiß bedeutet die Vollendung der Bildung der Lufthyphe, den Beginn der Bildung des Konidiums oder der Geschlechtsorgane. Was aber markiert den Beginn der Bildung der Lufthyphe, ihre Abhebung von dem Mycel? Die Wirkung auf das Innere, auf das Bia-o, wenn innerhalb der Hülle, durch die von der Wandung her eingetretenen Stoffe die Strömung stark genug geworden ist, um diesem Bia-o eine reichliche Ernährung zu gewähren, um es auch zur Zersetzung zu veranlassen, dann macht es seine Wirkung geltend senkrecht zu derjenigen des Bia-r. Genügt aber diese Analyse des Verhaltens der Verschiedenen Biatome, um uns die Mannigfaltigkeit im Fadenpilz zu erklären?

8. Kapitel. Biatome gegenübergestellt den Biomolekülen.

In allen Lebewesen sollte sich im Grunde dasselbe vollziehen, sagte ich im ersten Bande schon, das was für das Leben charakteristisch ist. Und dieses Charakteristische soll sich auch im Biatom finden. Es durfte also nur eine Art von Biatom geben. Nun haben wir schon Bia₁ und Bia₂, Bia-o und Bia-r unterschieden. Der Unterschied innerhalb der beiden Arten ist nicht der gleiche, wie schon daraus hervorgeht, daß es Bia-o₁ und Bia-o₂ und ebenso Bia-r₁ und Bia-r₂ geben kann. Die Zyklen von Bia₁ und Bia₂ sind tatsächlich verschieden, indem die einen zu den einbasischen, die andern zu den zweibasischen, oder wie wir besser sagen, die einen zu den Homologen der Ameisensäure, die andern zu denen der Malonsäure führen. Bia-o und Bia-r sind dagegen verschiedene Zustände, die in demselben Zyklus auftreten können. Nun können sich aber Bia₁ und Bia₂ kombinieren, wie wir das schon bei den Spaltpilzen 1. Abt. 2. Unterabt. Kap. 4 u. 5 gesehen haben. Dann gibt es einen resultierenden Zyklus, der Bia-o₁ und ₂, Bia-r₁ und ₂ umfaßt.

Aber gegenüber der Eintönigkeit eines solchen Zyklus gibt es eine Mannigfaltigkeit der Biatome. Ein in einem Punkte seines Zyklus plötzlich festgehaltenes Bia-o ist darum nicht weniger ein Biatom als ein anderes, das seine Bahn weiter durchlaufen hat. Es ist ein anderes als dieses letztere, denn es enthält andere Bestandteile, und es ist doch wieder ähnlich, denn

sein Zyklus ist derselbe. Mit jedem Element der Bahn des Zyklus, die das Biatom durchläuft, müssen seine Bestandteile sich ändern, während gewisse Züge der Zusammensetzung immer wieder dieselben bleiben. Man kann mit demselben Rechte sagen, es gibt unzählige Biatome, wie es gibt nur ein resp. zwei Biatome. Das wird besonders deutlich, wenn wir die Biatome betrachten, wie sie in der Natur wirklich drin stehen, d. h. in den Biomolekülen. Es gibt unzählige viele Biomoleküle, d. h. verschiedene Lebewesen, und doch ist in allen wieder der Lebensprozeß, d. h. der Zyklus des Biatoms gleich. Das kommt daher, daß die Biatome einer Art von Lebewesen, d. h. die Biatome, die für diese Art von Lebewesen charakteristisch sind, nur einen Teil des Gesamtzyklus umfassen. Das aber versteht man wieder nur, wenn man sich deutlich gemacht hat, wie der Zyklus auseinandergelegt wird, durch das Spiel der äußeren Kräfte, sobald das Biomolekül in der Natur wirklich drin steht. Es handelt sich dann nicht mehr bloß um den reduzierenden und oxydierenden Abschnitt des Zyklus, wie ich es durch Bia-o und Bia-r veranschaulicht habe. Reduktion und Oxydation sind ein inneres Geschehen, sie werden bewirkt durch innere Kräfte, die sich am Biatom selbst vollziehen. Zu ihnen gesellen sich aber die äußeren Kräfte, teils ihnen widerstreitend, teils sie ergänzend. Die äußeren Kräfte aber haben nicht ihren Mittelpunkt in dem Biatom, sondern in der Erde, wie die Schwerkraft, in der Sonne, wie das Licht. Sie sind daher geradlinig mit Bezug auf das Biatom. Das Resultat der gemeinschaftlichen Wirkung der inneren und der äußeren Kräfte, das ist dann die Ortsveränderung des Lebewesens in der Natur. Sie ist nicht mehr kreisförmig mit dem Zentrum im Biatom selbst, wie es der Zyklus unter der Wirkung der inneren Kräfte allein ist, sondern sie ist eine geradlinig begrenzte Figur.

Unter geradlinig verstehen wir hier das, was wir im gewöhnlichen Leben darunter verstehen, d. h. eine Begrenzung eines Kreises von unendlich großem Radius. Diese geradlinig begrenzte Figur kann sehr mannigfaltig gestaltet sein, wesentlich für uns ist, daß wir in ihr die einzelnen Seiten schärfer von einander abgegrenzt haben, als dies im Kreis der Fall ist. Dies ist die Wirkung der äußeren Kräfte. Wir werden aber besser eine

Anschauung von dieser gewinnen, wenn wir uns einmal den Lebenszyklus eines Biomoleküls, wie wir ihn eben geschildert haben, vergegenwärtigen. Wir wählen den eines Fadenpilzes, weil der schon ziemlich vollständig, die verschiedenen inneren Kräfte zur Geltung kommen läßt. Wählten wir einen anderen, z. B. den eines Spalt- oder eines Sproßpilzes, so müßte der Zyklus nur ein unvollständiger sein, d. h. es wäre ein um so größerer Teil desselben der Umgebung, dem Nährboden überlassen. Wir sehen bei dem Fadenpilze zwei vertikale Richtungen vertreten. In der einen strebt die Hyphe, der Schwerkraft entgegen, empor, in der anderen fällt die Spore, von der Schwerkraft gelenkt, zu Boden. In der einen wird reduziert, es wird Kraft aufgespeichert. Es besiegen die inneren Kräfte die äußeren. Kräfte werden aufgespeichert, sowohl im chemischen Sinne durch die Bildung reduzierter Stoffe, wie im mechanischen Sinne durch die Erhebung entgegen der Schwerkraft. In dem entgegengesetzten vertikalen Schenkel werden diese Kräfte frei, sie werden lebendig. Wieder sowohl im mechanischen Sinne durch das Fallen, wie im chemischen Sinne durch die Oxydation. Die äußeren Kräfte erweisen sich stärker als die inneren. Zwischen den beiden vertikalen Schenkeln aber liegen die horizontalen. Es gibt einen Übergang vom aufsteigenden zum absteigenden, und einen solchen vom absteigenden zum aufsteigenden. Hier müssen die inneren Kräfte nicht die Schwerkraft besiegen, aber die Trägheit. Und das geschieht einerseits durch das Sprossen und andererseits durch Bewegung. Hier handelt es sich nicht um die Kraftaufspeicherung und Kraftentwicklung. Die stehen erst in zweiter Linie, denn nicht entgegen oder mit der Schwerkraft wird die Stellung verändert. Die Kraftaufspeicherung und Kraftentwicklung aber ist eine Sache der Verbindung von C- und H-Atomen untereinander oder mit dem O. Das Biatom aber enthält noch ein viertes Atom, nämlich den N. Der N wird nicht reduziert und nicht oxydiert in den lebenden Wesen, im Biatom also. Aber er ändert seine Stellung, er verbindet sich entweder mit dem H oder mit dem C. Diese Stellungsänderung erfolgt in den horizontalen Schenkeln, während die des C in den vertikalen stattfindet. Schon oft habe ich von dem Eiweiß- und dem Nucleinzustand des Biatoms gesprochen. In dem Eiweiß haben wir die Aminverbindungen, in dem Nuclein die

Cyanverbindungen als die Spaltlinge erkannt. Eiweiß und Nukleïn sind daher die chemischen Gruppen, welche den beiden Bindungen des N und damit den beiden horizontalen Schenkeln entsprechen. In den vertikalen Schenkeln wird der C reduziert und oxydiert, es werden Fette und Kohlenhydrate gebildet, in den horizontalen bindet der N sich entweder an H oder an C, es wird Eiweiß oder Nukleïn gebildet. Das sind chemische Gesichtspunkte. Vergleichen wir damit die Morphologie des Beispiels, welches wir in diesem Kapitel gewählt haben. Vergessen wir nicht, daß die Chemie des Zyklus sich auf die Biatome bezieht, die Morphologie des Beispiels auf die Biomoleküle. Die Ermittlung der Stellung der Biatome zu den Biomolekülen und damit zu der wirklichen Welt ist eben der Gegenstand dieses Kapitels. Nun haben wir, was die Chemie betrifft, eigentlich keinen wesentlichen Unterschied zu konstatieren. Wie in den Biatomen so haben wir im Biomolekül im oberen horizontalen Zweig, in den Konidien, die Bildung der Eiweißkörper, im unteren horizontalen Zweig, dem Mycel, die Bildung der Nukleïne, im aufsteigenden vertikalen die Bildung der Fette, im absteigenden vertikalen hätten wir die Bildung der Kohlenhydrate, wenn dieser durch etwas anderes repräsentiert wäre, als durch das Herabfallen des Konidiums. So muß die Bildung der Kohlenhydrate bis zur Sprossung des Konidiums warten, und sie fällt zusammen mit dem, was dabei eintritt, der Bildung des Nukleïns. Es sind die äußeren Kräfte, welche die Reihenfolge der chemischen Umsetzungen beeinflussen, wie sie auch den Zyklus ihren geradlinigen Verlauf umgestalten. Aber das ist nicht der einzige Unterschied zwischen Biatom und Biomolekül, den wir bemerken, wenn wir vergleichen.

Als ich die Begriffe Atom und Molekül besprach, bemerkte ich, daß die Chemiker beobachten, wie mehrere Atome sich zusammenpaarten zu einem Molekül. H_2 und O_2 waren die einfachsten Beispiele. Die Biatome und Biomoleküle sollen nun den Atomen und Molekülen sich anschließen. Wir müßten also mindestens zwei Biatome in jedem Biomolekül haben. Von einer Verdoppelung des Zyklus, innerhalb derselben Hülle gegenüber der Umgebung und doch getrennt voneinander bemerken wir nichts. Denn wenn die Trennung fehlte, würde es sich nur um die Ver-

größerung eines Biatoms handeln, nicht aber um zwei. Andererseits bemerken wir in den Biomolekülen etwas, wovon uns der Zyklus des Biatoms nichts sagt, nämlich Geburt und Tod. Das Biatom für sich müßte zyklisch also ewig sein, das Biomolekül aber ist es nicht, es entsteht und vergeht. Sollte dieses Plus und jenes Minus in einem inneren Zusammenhang stehen? Die Paarung zweier Biatome in einem Biomolekül geschieht eben in der Weise, daß nicht zwei in gleichem Stadium des Zyklus zusammengepaart werden, sondern ein entstehendes und ein vergehendes. Darin liegt die Begründung, warum die lebenden Wesen sterben und geboren werden. Das aber ist wieder bedingt durch die Einwirkung der äußeren Kräfte. Fragen wir zunächst, was bewirkt die Verbindung der Biatome zum Biomolekül? Das sind die anorganischen Gruppen, weil sie sich den äußeren Kräften gegenüber verschieden verhalten wie die organischen Gruppen. Wenn die letzteren sich zusammenbinden, werden die ersteren aus dem Biatom frei, gelangen zwischen die Biatome und verbinden dieselben untereinander. Es sind aber bloß die mehrwertigen anorganischen Gruppen, die das tun können, denn es handelt sich um die Verbindung mehrerer Biatome. Die einwertigen anorganischen Gruppen die K-, Na-haltigen können das nicht, sie müssen innerhalb des Biatoms bleiben.

Wir sehen dann den Einfluß der äußeren Kräfte noch weiter, wenn wir die verschiedenen Biomoleküle vergleichen. Es ist ja doch willkürlich, daß wir gerade den Fadenpilz mit dem Biatom vergleichen, der Kokkus, der Spaltpilz, der Sproßpilz sind doch nicht weniger Biomoleküle wie er, und sie sind ganz anders. Der Fadenpilz umfaßt, chemisch genommen, den Zyklus des Biatoms fast vollständig, er bildet Fette, Kohlenhydrate, Nukleine, Eiweißkörper. Was tut dagegen der Mikrokokkus ureae? Und doch ist auch dieser letztere ein Biomolekül, doch umfaßt auch er einen entstehenden und einen vergehenden Zustand des Biatoms. Zwischen diesen beiden Zuständen aber muß sich der ganze Zyklus des Biatoms vollziehen. Wo vollzieht er sich? Nicht innerhalb des Mikrokokkus, sondern außerhalb desselben, also im Nährboden und dem, was diesen erzeugt. So unterscheiden sich die Biomoleküle zunächst voneinander. Verschiedene Teile des Zyklus des Biatoms werden in ihnen von den beiden

Zuständen des Biatoms zusammengefaßt, verschiedene Teile des Zyklus vollziehen sich in ihnen, andere außerhalb ihnen. Sie unterscheiden sich aber noch in einer anderen Hinsicht. Der Fadenpilz ist ein höheres, ein komplizierteres Lebewesen als der Mikrokokkus, sagen wir. Was bedeutet denn das? Ein um so größerer Teil des gesamten chemischen Zyklus des Biatoms ist in ihn hineinverlegt. Er ist unabhängiger von der Außenwelt geworden. Das Milieu exterieur ist zum Milieu interieur für ihn geworden. Das aber ist nur möglich, weil in ihm der Sproßpilz, der Spaltpilz des Kokkus stecken, die in dem Milieu interieur, das er bildet, leben, für die dieses Milieu interieur, das Milieu exterieur die Umgebung, welche die für ihre Umsetzungen notwendigen Bedingungen liefert, geworden ist.

III. Unterabteilung. Hyphoid und Zooid.

I. Kapitel. Was sind Hyphoid und Zooid eigentlich?

Im ersten Bande habe ich als Hyphoid und Zooid die Symbioten des Wirbeltierorganismus beschrieben. Oid hießen sie, weil sie nur Bioradikale waren, die in einem höheren Biomolekül drin steckten. Sie sind gewissermaßen die Bindeglieder zwischen den niederen Lebewesen und den höheren. Wie die Biatome zusammentreten, um die ersteren zu bilden, so treten Hyphoid und Zooid zusammen und bilden die letzteren.

Wären sie selbständig gewesen, selbst Biomoleküle, dann wären sie Hyphenpilze und Zoen gewesen. Die vorhergehenden Kapitel haben versucht, eine Vorstellung davon zu erwecken, wie zuerst durch Zusammenfassung der Biatome, dann der Biomoleküle als Bioradikale die höheren Lebewesen entstehen. Wir haben einige Einzelwesen geschildert. Als letztes die Fadenpilze, die Hyphenpilze. Wenn sie ihre Selbständigkeit verlieren, wenn ihnen etwas genommen wird, wenn sie dann eintreten in ein höheres Biomolekül, dann wird ein Hyphoid daraus. Wie verhalten sich nun die Zooide?

Man muß sich zunächst eine Beschreibung vor Augen halten von den einfachsten Wesen, die hierher gehören, den Myxomyceten. Noch werden diese Wesen zu den Pflanzen gerechnet, und ein Botaniker gibt diese Beschreibung. Es tritt aber in dieser Beschreibung zum erstenmal zutage, wie sich das eigentliche Leben auf die Erzeugung der Eiweißkörper richtet, und es haben gerade diese Gebilde den Typus abgegeben für das, was wir Protoplasma nennen, und was wir als Produkt oder wenigstens zum Teil als Produkt der Zooide ansehen. Gerade das Leben der Myxomyceten kann uns am ersten Veranlassung geben, in den Zooiden die Biatome zu erkennen. Sachs¹⁾ entwirft von ihnen folgendes Bild:

„Die Sporen können sofort nach der Aussaat keimen, trocken aufbewahrt bleiben sie aber auch jahrelang keimfähig. Die mit Wasser durchtränkte Spore öffnet sich, und ihr ganzer Protoplastkörper tritt als rundliche hautlose Masse aus. Nach wenigen Minuten nimmt er aber eine andere Gestalt an, er wird lang an einem Ende zugespitzt, hier mit einer langen Cilie versehen; er hat sich zur Schwärmspore ausgebildet; diese kann entweder rotierend sich bewegen oder ihre Umrisse ändernd, wie eine Amöbe fort kriechen. Diese Schwärmer vermehren sich durch Teilung. Am zweiten oder dritten Tage aber beginnt ein neuer Prozeß; die Schwärmer teilen sich nicht mehr, sondern sie vereinigen sich, indem ihrer zwei und mehr verschmelzen, nachdem sie in die Amöbenform übergegangen sind zu einem homogenen, sich ebenfalls amöbenartig bewegenden Protoplastkörper, Plasmodium; dieses vergrößert sich, indem es immer mehr Schwärmer in sich aufnimmt und mit anderen Plasmodien verschmilzt. Diese Plasmodien kriechen nun auf der Oberfläche des ernährenden Substrats herum (Fig. 197 des Sachsschen Lehrbuchs). Die Bewegungen sind im wesentlichen dieselben, wie die des Protoplasmas, welches in großen Pflanzenzellen zirkuliert, nur sind sie freier und mannigfaltiger.“

„Die Ortsbewegung, das Kriechen, wird dadurch bewirkt, daß aus dem Rande des Plasmodiums armartige Ausstülpungen hervortreten, die sich vergrößern, indem die Substanz von hinten

¹⁾ Sachs, J., Lehrbuch der Botanik. 3. A. S. 279 u. f.

her in sie einfließt; diese Arme oder Zweige verschmelzen seitlich, anastomosieren vielfach und bilden neue hinausfließende Arme. Wenn dieses längere Zeit in derselben Richtung geschieht, so ändert das ganze Plasmodium seinen Ort. Endlich findet im Innern der größeren Arme oder der plattenförmigen Ausbreitungen des Plasmodiums eine strömende Bewegung statt, deren Richtung mannigfach wechseln kann. Die im Innern strömende Substanz ist wasserreicher und körnig; der Umfang des Plasmodiums aber wird von einer körnchenfreien hyalinen, anscheinend dichteren Schicht gebildet (der Randschicht), die sich zuweilen noch mit einer Schleimlage umgibt; diese letztere ist nicht Protoplasma und wird bei dem Kriechen, wie der Schleim der Schnecke, zurückgelassen.“

Dann kehrt die dritte Lebensstufe wieder zur ersten zurück.

„Wenn die ausgewachsenen Plasmodien auf der Oberfläche des Substrats einige Zeit gelebt und sich bewegt haben, so nehmen sie festere Konsistenz an, und nachdem sich die netzartig geordnete Masse gesammelt hat, bildet sie entweder einen Kuchen wie bei *Aethalium*, oder aufstrebende (noch immer weiche) Auswüchse von der Form der zukünftigen Sporangien. Auf der Außenseite bildet sich die starre Haut, im Innern das Kapillitium und die Sporen. Enthielt das Plasmodium Kalk, so wird dieser in Körnchen im Kapillitium oder an der Sporangienwand abgelagert. Diese Gestaltungsvorgänge vollenden sich meist in einigen Stunden, bei *Aethalium* genügen oft 1—2 Stunden, um das noch bewegliche Plasmodium in den Fruchtkuchen umzuwandeln, das in jenen enthaltene Wasser wird zum Teil flüchtig ausgestoßen, das übrige verdunstet nachträglich.“

Diese Lebensschilderung der Myxomyceten zerfällt in zwei Hälften, den Aufbau und Abbau. Bei dem Aufbau werden reduzierte Körper gebildet, die bei dem Abbau durch Oxydation wieder Kräfte entfalten. Diese Entfaltung geschieht bei den Zooiden durch Bewegung. Wir haben daher die Bildung der Sporen als Aufbau, die Zerstörung derselben als Abbau anzusehen. Das erste Lebensstadium wäre sonach das des Aufbaues, das zweite und dritte gehörten dem Abbau an. Vergleichen wir das mit dem, was wir bei den Hyphoiden gelernt haben. Dort lernten wir, das Mycel und die Konidienträger bis zum Aufbau der

Sporen gehört der Reduktion an. Es ist das dasselbe wie hier. Nur ist bei dem Hyphoid gerade jenes Wachstum der eigentliche, der ausgebildete Teil des Gesamtlebens, bei den Myxomyceten aber liegt der ausgebildete Teil auf der anderen Seite, bei den Bewegungen. Die Bildung des Fruchtkuchens ist etwas, was mir als ein Durchgangsstadium erscheint. Kann dieses Durchgangsstadium aber den Vergleich mit dem, was wir bei den Fadenpilzen beobachteten, aushalten? Da setzte sich das eigentliche Leben aus zwei Generationen, der geschlechtlichen und der ungeschlechtlichen, zusammen. Solche Zusammensetzung, und zwar aus sukzessiven Vorgängen, haben wir bei der Bildung des Fruchtkuchens auch. Es handelt sich um die Bildung der sporangienähnlichen Wand und des Kapillitiums einerseits und der Sporen andererseits. Jene würde der ungeschlechtlichen, diese der geschlechtlichen Generation entsprechen.

Wir müssen uns alle diese Bildungen vor Augen führen, weil wir sie in anderer Gruppierung im Wirbeltierorganismus wiedertreffen. Indessen bevor wir soweit gehen, tauchen eine ganze Reihe von Fragen auf. Wir werden zunächst die Bildung des eigentlichen Lebens identifizieren mit der Eiweißbildung der Bia-o-Atome. Die Kraftentwicklung bei der Bewegung muß einhergehen mit einer Sättigung der Affinitäten von C und H zum O. Es muß sich also um einen Oxydationsprozeß handeln, gerade wie im Leben des Hyphoids um einen Reduktionsprozeß. Wie dort Bia-r, so haben wir hier Bia-o als Grundlage. Wir haben in diesem Leben weiter zwei Stufen zu unterscheiden, die der Schwärmer und die des Plasmodiums. Das wird uns zunächst zu der Vermutung führen, daß wir es mit zwei verschiedenen Bioradikalen zu tun haben, in denen Bia-o₁ und Bia-o₂ die Hauptrolle spielen. Ist diese Vermutung gerechtfertigt? Die Beobachtung macht uns zunächst auf eine große Unabhängigkeit der beiden Stufen aufmerksam, es kann dieselbe bis zu einer Art der Fortpflanzung in der ersten Stufe gehen, und zwar zu einer Fortpflanzung durch Teilung. So sagt Sachs von den Myxomyceten: „Schon die Schwärmer können bei ungünstigen Lebensbedingungen sich wieder in Zellen verwandeln, indem sie sich mit einer Haut umgeben (Mikrocysten); sie bleiben in diesem Zustand monatelang im Trocknen lebensfähig, wieder in Wasser gebracht, kehren sie in den beweglichen

Zustand zurück.“ Hier kann also die erste Lebensstufe sich genügen, der Myxomycet kann die anderen gewissermaßen überschlagen. Das ist eine eigene Art der Fortpflanzung, die man sich dadurch ergänzt denken muß, daß die Schwärmer sich auch durch Teilung vermehren.

Wenn wir uns an die Spaltpilze, an die Sproßpilze, die Fadenpilze erinnern, so hatten wir auch da zwei Arten der Fortpflanzung. Die bezogen wir bei den Spaltpilzen, die uns als Musterdienten, darauf, daß bei einem Vorrat von polarisierenden Substanzen in einem Falle die spaltende, in einem anderen Falle die oxydierende und reduzierende Tätigkeit die Oberhand hatte, bis zur Bildung. Sollte hier dasselbe vor sich gehen? Aber wenn man sieht, wie sich die Schwärmer eine Hülle bilden, muß man fragen, woher kommt diese? Bei der Bildung der Eiweißkörper werden Fette als Hüllen gebildet. Dieses dünne, geschmeidige Fett ist eine Hülle für das bewegliche Stadium, es ist nicht sichtbar, die Haut, die die Mikrocyten umgibt. Es muß also etwas da sein, was sich gerade umgekehrt verhält, wie die Eiweiß bildenden Bia-o, also Bia-r. Wir lernen bei Sachs a. a. O. auch weiter, daß der Schwärmer wie das Plasmodium der Myxomyceten Kerne bilden. Also während der Bewegung muß es Nuklein und Hüllsubstanz bildende Biatome geben, neben den Eiweiß bildenden. Mit anderen Worten, das einfachste Zooid, von dem wir ausgingen, enthält Bia-r neben Bia-o. Von Bia-o enthält es zwei für ein Bia-r. Die Bia-o sind die ein- und die zweiwertigen. So kommen wir zu dem Schlusse, die Zooide sind das Gegenstück des Hyphoids, sie enthalten Radikale mit Bia-o₁, Bio-o₂ und Bia-r, wo das Hyphoid Radikale mit Bia-r₁, Bia-r₂ und Bia-o enthält.

2. Kapitel. Die Verteilung auf Hyphoid und Zooid.

Das letzte Kapitel hat uns zwei Fragen hinterlassen. 1. Ist die Zusammensetzung, welche für ein Lebensstadium ermittelt wurde, auch maßgebend für die anderen Lebensstadien? 2. Wie verteilen sich die verschiedenen Biatome auf Hyphoid und Zooide?

Wir haben zunächst im vorigen Kapitel den Myxomyceten

als Vertreter der Zooide ins Auge gefaßt. Ich zitierte Sachs in seiner Beschreibung derselben und fand danach drei Lebensstadien, die derselbe durchmacht, 1. als Schwärmer, 2. als Plasmodium, 3. als Sporangium. Es sind demgemäß die drei Lebensstadien, die ich beim Myxomyceten konstatierte, und ich frage mich zunächst, gilt die Zusammensetzung aus Bioradikalen mit Bia-o₁, Bia-o₂, Bia-r für alle drei Lebensstadien? Stellen wir uns die Vorgänge an Hand des schon Bekannten vor.

Müssen wir diese Zusammensetzung als eine direkte oder als eine indirekte ansehen? Nach dem, was wir in der vorigen Unterabteilung hörten, ist jedes Biomolekül aus den tieferstehenden Biomolekülen zusammengesetzt, nicht aber direkt aus den Biatomen. Hyphoid und Zooid stehen aber schon ziemlich hoch, wenn wir diese Stufenleiter betrachten. Das Hyphoid, wenn es dem Fadenpilz entspricht, hat unter sich den Sproßpilz, den Spaltpilz, den Kokkus und all die Biatome, die diese zusammensetzen, müssen in ihm wieder enthalten sein. Die Zooide aber müssen auf der gleichen Stufe stehen. Wodurch unterscheiden sie sich? Das Hyphoid bringt in seinem Gesamtleben mehr die reduzierenden, die Zooide bringen den oxydierenden Teil des Zyklus zum Ausdruck. Wie wir es im letzten Kapitel der vorigen Unterabteilung zeigten, liegen zwischen dem vergehenden und entstehenden Zustand, den sie als Biomoleküle zusammenfassen, bei dem einen die reduzierenden, bei dem anderen die oxydierenden Teile des Gesamtzyklus des Biatoms. Und die übrigen Teile? Die werden eben von der Umgebung von den äußeren Kräften gegeben. Das Hyphoid bemächtigt sich der oxydierten Substanzen in seinem Nährboden, um sie zu reduzieren, die Zooide der reduzierten, um sie zu oxydieren.

Aber doch ist es nicht ganz so, nicht mehr ganz so. Hyphoid und Zooid sind schon kompliziert. Sie enthalten schon niedere Lebensstufen, die in sie eingegangen sind. Ihr Zyklus umfaßt schon einen großen Teil des Gesamtzyklus des Biatoms. Das rührt her von der Zusammensetzung aus den niederen Lebensstufen. Und deshalb zerfällt ihr Gesamtleben in verschiedene Lebensstadien. In jedem dieser Stadien aber kommt eine der zusammensetzenden Lebensstufen besonders zu Wort. Sie bildet dann das Milieu interieur, in dem sich die folgende entwickelt.

Aber der erste Band sprach von 2 Zooiden. Wir unterschieden da das Ca-Zooid und das Si-Zooid. Als welche sprechen wir den Myxomyceten an? Die Schilderung von Sachs¹⁾ sagte nichts von Silicium, wohl aber sprach sie von den Kalkpanzern der Sporangien und den Kalkmassen, die zwischen die Sporen eingelagert sind. Wir werden also wohl in dem Myxomyceten oder einem nahe verwandten Zoon das Biomolekül haben, welches, als Bioradikal in den Wirbeltierorganismus eintretend, das Ca-Zooid bildet. Und die andere? Da müssen wir uns umsehen, unter den Tieren, welche Si aufweisen. Sämtliche Diatomeen gehören hierher. Aus mancherlei Gründen entscheide ich mich für die Pseudonavizelle. Auch in ihr haben wir drei Lebensstadien, wie ich nach Bütschli²⁾ zitiere. Als erstes das Pseudonavicellen-, als zweites das Amöben-, als drittes das Gregarinenstadium. Für das erste habe ich früher den Namen Cytozoon eingeführt, und ich will dabei bleiben, weil es sich darum handelt, den Wirbeltierkörper aufzubauen. Ein Zoon ist dieses Wesen, sobald es sich unabhängig gemacht hat, sobald es ein eigenes Biomolekül ist. Solange es aber ein Bioradikal, ein Teil eines höheren Moleküls ist, nennen wir es ein Zooid. So ist das Cytozoon das erste Lebensstadium des Si-Zooids, wenn sie in den Zustand des Biomoleküls übergegangen ist. Warum des Si-Zooids? Weil gerade in diesem ersten Lebensstadium die Pseudonavicelle (nicht das Cytozoon) einen Panzer aus Kieselsäure hat. Warum nicht das Cytozoon? Das Si-Zooid, indem sie als Bioradikal einget in das Wirbeltierbiomolekül, hat ihre verschiedenen Teile in verschiedene Gewebe verteilt, wie wir ja schon sahen, daß die Bioradikale in den Biomolekülen zerfallen. Aber die Klassifikation als Si-Zooid gibt uns gleich eine Einsicht in die Zusammensetzung. Wir werden ohne weiteres in bezug auf das Verhältnis zur Oxydation die beiden Zooide einander gleichsetzen. Die drei Lebensstadien des Si-Zooids machen es nach dem, was wir bereits gehört haben, auch wahrscheinlich, daß wir es bei ihr auch mit drei in sie eingehenden Lebensstadien zu tun haben.

Wir fragen uns dann, was mag eigentlich der Grund sein,

¹⁾ Sachs, Lehrbuch der Botanik. 3. Aufl. S. 279 u. f.

²⁾ Bütschli, O., Verhandlungen des Naturf.-Med. Vereins zu Heidelb. VI.

weshalb es zwei Zooide gibt, zwei verschiedene Vertretungen des oxydierenden Teils des Zyklus. Das ist gleichbedeutend mit der Frage nach dem Unterschied des Si- und des Ca-Zooids. Nun haben wir bereits bemerkt, daß Si vier- und Ca zweiwertig ist. Es sind aber die mehrwertigen anorganischen Atome und Atomgruppen, welche den vergehenden und entstehenden Zweig des Zyklus in jedem Biomolekül verbinden. Es macht also einen charakteristischen Unterschied aus, daß diese Zweige in der einen Zooide durch ein vierwertiges, also doppelt so viel wertiges Atom verbunden seien wie in der andern. Das erinnert daran, daß wir auch ein doppeltwertiges Biatom haben, nämlich Bia_2 gegenüber Bia_1 . Sollte das eine Zoid dem Zyklus von Bia_2 entsprechen, das andere dem von Bia_1 ? Diese Überlegung weicht bald einer andern. Zu den niedern Lebensstufen, die in beiden Zooiden drinstecken, gehören doch die Spaltpilze. Die Spaltpilze verbinden aber Bia_1 mit Bia_2 , wie wir in der vorigen Unterabteilung Kapitel 4 gesehen haben. Es kann also nicht der Gegensatz von Bia_2 gegen Bia_1 sein, der die beiden Zooide trennt. Beide müssen sowohl Bia_2 wie Bia_1 enthalten. Dagegen trennen sich die Spaltpilze in einer andern Hinsicht in zwei Klassen. Die einen sind Ärobien, die andern Anärobien. Nach unserer jetzigen Kenntnis würde das bedeuten, die einen gehören dem oxydierenden, die anderen dem reduzierenden Zweig des Zyklus an, die einen werden dem aufsteigenden, die anderen dem absteigenden vertikalen Schenkel entsprechen. In den Zyklus, dem sie angehören, müssen Bia_1 und Bia_2 verbunden sein, es muß ein erweiterter Zyklus sein. Aber ist diese Trennung in Ärobien und Anärobien in einer Beziehung zur Zwei- und Vierwertigkeit der anorganischen Gruppe, welche das Biomolekül der Zooide zusammenhält? Doch nur dann, wenn in dem aufsteigenden und in dem absteigenden vertikalen Schenkel Bia_1 und Bia_2 nicht in der gleichen Weise verbunden sind? Aber trifft das für die beiden Zooide zu, ihre Lebenstätigkeit ist gleichmäßig eine oxydierende, es kann nicht die eine oxydierend, die andere reduzierend sein. Und doch sind wieder beide ungleich. Wir wissen jetzt, woher das kommt. Sie umfassen verschiedene Zweige des Zyklus des Biatoms. Sollte denn das eine Zoid gerade den aufsteigenden, das andere den absteigenden vertikalen Schenkel umfassen?

Aber haben nicht beide Zooide verschiedene Lebensstadien, in denen die Vervollständigung des Lebenszyklus erfolgt? Die Bezeichnung Ca- und Si-Zooid bezieht sich gerade auf das erste Lebenstadium.

Wie ist nun innerhalb dieses Wirbeltiers die Symbiose des Hyphoids und der Zooide zu verstehen? Das Hyphoid reduziert, die Zooide oxydieren. Das eine bildet komplizierte Moleküle, die anderen lösen sie wieder auf. Sie ergänzen sich. Aber auch die beiden Zooide ergänzen einander. Von der Amöbe wissen wir, wie begierig sie Fett aufnimmt. Von dem Myxomyceten aber wissen wir, wie ein Vertreter desselben das *Aethalium septicum*, die Lohblüte, im Stadium des Plasmodiums auf der Gerberlohe erscheint und umherkriecht. Was es dabei aufnimmt, können nur die Glykoside sein, an denen die Lohe so reich ist. Es sind also wahrscheinlich die Verbindungen aromatischer Körper mit Kohlenhydraten, nach denen das Plasmodium begierig ist. Sie werden aufgenommen durch die Hüllen, die von dem zerfallenden $Bia-o_1$ und dem noch bestehenden $Bia-r$ herühren. Vielleicht übtten die Bestandteile, die von dem einen stammen, eine Anziehungskraft aus auf die eine Komponente und die anderen auf die andere Komponente.

3. Kapitel. Anorganische und organische Gruppen.

Mit ihrer Gegenüberstellung wollen wir uns jetzt beschäftigen. Von der Stellung der organischen Gruppen in dem Zyklus des Biatoms, von der Bildung der Eiweißkörper, des Nukleins, der Fette, der Kohlenhydrate, haben wir schon gehört und daneben auch, daß auch anorganische Gruppen in diesem Zyklus eine Rolle spielen. Welche? fragen wir jetzt.

1. Anorganische Gruppen verhalten sich der Elektrizität gegenüber anders wie organische, und dieses ist eine der Ursachen, weshalb der Zyklus sich vollenden kann, weshalb der Weg der organischen Atome aus der Oxydation in die Reduktion zurückkehren kann.

2. Die anorganischen Gruppen müssen in den Fortpflanzungsorganen in einer andern Form enthalten sein als in den wachsen-

den. In den letzteren sind sie in einer kolloidalen Ausscheidung begriffen und nehmen daher mehr Platz ein, als ihnen die Fortpflanzungsorgane gestatten würden.

3. Die verschiedenen Biatome $Bia-o_1$, $Bia-o_2$, $Bia-r_1$, $Bia-r_2$ unterscheiden sich durch die anorganischen Gruppen. Wir haben demnach vier anorganische Substanzen, welche diese vier Biatome charakterisieren. Ca und Si haben wir im vorigen Kapitel für $Bia-o_1$ und $Bia-o_2$ in Anspruch genommen. $Bia-r$ wurde im Kapitel über Mikrokokken durch Mg charakterisiert. Es bleibt uns $Bia-r_2$. Wir wissen, daß in den Biomolekülen weiter Fe als anorganischer Bestandteil vorkommt. Wir zögern nicht, es $Bia-r_2$ zuzuschreiben. K und Na sind in einer andern Lage, weil sie so löslich sind. Sie haben keine kolloidale Ausscheidung, und ihre Rolle ist daher eine ganz andere. Ihre Salze zerfallen in Ionen, die die Eiweißkörper gelöst erhalten, wie wir bereits sahen. Kommt diese andere Rolle vielleicht auch daher, weil sie einwertig sind? Hat die Wertigkeit nicht auch eine bestimmte Beziehung zu der Rolle, die diese anorganischen Gruppen im Zyklus spielen? Damit nähern wir uns der eigentlichen Frage. Vor allen Dingen stößt uns ein Widerspruch auf, der darin liegt, daß wir doch nur einen Zyklus der organischen Gruppen kennen gelernt haben und daß wir nun vier verschiedene Biatome annehmen. Diese vier verschiedenen Biatome sollen sich durch die anorganischen Gruppen unterscheiden. Wie passen diese vier verschiedenen Gruppen in den gleichen Zyklus hinein? Man kann allenfalls begreifen, daß hierdurch Bia_1 und Bia_2 unterschieden werden, wegen der verschiedenen Wertigkeit? Aber wie soll dieser Unterschied sich auf $Bia-o$ und $Bia-r$ erstrecken, die doch nur verschiedene Zweige desselben Zyklus darstellen. Und doch sind diese Unterschiede notwendig, will man die ganze Mannigfaltigkeit der lebenden Wesen begreifen, und will man sich nur den Unterschied von Pflanzen und Tieren klarmachen. Wie löst sich dieser Unterschied auf? Überlegen wir einmal, wo wir diese anorganischen Gruppen getroffen haben? Bei den lebenden Wesen natürlich. Aber die lebenden Wesen sind nicht Biatome, sie sind Biomoleküle, d. h. Zusammenfassungen von Biatomen. In den lebenden Wesen spielen die anorganischen Substanzen eine ziemliche Rolle. Ist doch, wie wir im ersten Band sahen und wie

wir in diesem Band in der 1. Unterabteilung Kap. 3 wiederholten, für die lebenden Wesen charakteristisch, daß sie einen Körper, eine Gestalt, eine räumliche Ausdehnung haben. Dies verdanken sie eben der Ausscheidung der anorganischen Gruppen. Aber diese Gestalt, diese Ausscheidung ist charakteristisch für das ganze lebende Wesen, für das ganze Biomolekül, nicht für das einzelne Biatom. Sollte die anorganische Gruppe dem Biomolekül angehören und nicht dem Biatom? Wie wäre das möglich, da doch das Biomolekül nur aus Biatomen besteht? Ist es die Zusammenfassung der Biatome, welche die anorganischen Gruppen einschließt? Haben wir dafür Anhaltspunkte? Wir erinnern uns, daß wir anorganische Gruppen zuerst da antrafen, wo wir eine Zusammenfassung einer Anzahl Biatome zu einem Biomolekül hatten, bei den Mikrokokken, bei den Sproßpilzen. Wir erinnern uns weiter, daß bei den Zooiden die anorganischen Substanzen die doppelte Wertigkeit hatten, gegenüber den zugeordneten Biatomen d. h. den Biatomen, die in dem Lebensstadium, in dem sie im Wirbeltier auftreten, die Hauptrolle spielen. Ca hatte zwei Valenzen, Bia-o, aber eine; Si hatte 4 Valenzen, Bia-o₂ nur zwei. Die Verbindung, die Zusammenfassung von je zwei gleichartigen Biatomen, nicht von zwei Biatomen in gleichem Zustand, ist aber das einfachste Biomolekül, das wir kennen. Jedes der beiden Biatome hätte in diesem Beispiel die anorganische Substanz erfaßt, sie gehörte beiden an, sie würde so in den Zyklus des einen oder des andern eingreifen können. Gibt es überhaupt einen solchen gesonderten Zyklus eines einzigen Biatoms? Wirken nicht die äußeren Kräfte auf die Gesamtheit des Biomoleküls, und die Substanzen der Biatome brechen nur dann auseinander, wenn sie ungleichartig durch ihre chemische Natur oder durch ihre Lage sind. Wenn hier die äußeren Kräfte auf die anorganische Gruppe wirkten, müßte sich die Veränderung, die diese erfährt, in dem Zyklus der beiden Biatome, die mit ihm verbunden sind, geltend machen. Aber so einfach ist es doch nicht in den anderen Fällen, die wir schon besprochen haben. In den Mikrokokken z. B. hätten wir als anorganische Gruppe die Salze der Magnesia, und wir haben uns jetzt dahin verständigt, daß diese Gruppe dem zusammenfassenden Biatom angehört. Also doch einem Biatom. Ist das ein anderes wie die zusammengefaßten?

Wir waren doch übereingekommen, daß die Mikrokokken aus gleichartigen Biatomen beständen.

Das Zusammenfassende ist nur in einem andern Stadium seines Zyklus, es kehrt diesen Zyklus um und führt wieder gegen die Mitte des Biomoleküls, was die Zusammengefaßten nach außen geführt haben. Aber ist es nicht andersartig, weil es die anorganische Gruppe enthält? Ist es nicht auch andersartig, weil es zusammenfaßt, während die andern zusammengefaßt werden? Die andern vertreten als Bioradikale die einwertigen Gruppen, die in dem zusammenfassenden Biatom enthalten sind. So ist das Zusammenfassende nur eine Wiederholung des Zusammengefaßten. So aber vertritt die anorganische Gruppe auch nur die gleiche Zahl der Valenzen in dem zusammenfassenden Biatom. Kann sie denn das, ohne in die organische Bindung überzugehen? Das kann sie eben nicht, sie geht dabei in organische Bindung über. Sie pendelt eben zwischen den zwei Zuständen der anorganischen Ausscheidung und der organischen Bindung hin und her. In der anorganischen Ausscheidung gehört die anorganische Substanz zu den Zusammengefaßten. Physikalisch ausgeschieden, gehört sie denselben auch nur physikalisch an. Sie wird nur physikalisch umschlossen, sie hat nur das Lösungsmittel mit denselben gemeinsam. Umfaßt wird sie, wie die zusammengefaßten Biatome, von dem zusammenfassenden, das, in einem andern Lebensstadium befindlich, auch ein anderes Lösungsmittel hat. Löst sie sich in diesem, dann geht sie in das zusammenfassende Biatom über, dann wird sie ein Teil desselben, indem sie entsprechend ihrer Valenz eine Anzahl Affinitäten desselben sättigt und die entsprechenden Bioradikale vertritt. So wandelt die anorganische Substanz zwischen den zusammenfassenden und den zusammengefaßten Biatomen, zwischen chemischer Bindung und physikalischer Ausscheidung hin und her. Sie ist ein Gemeingut beider und gehört doch keinem von beiden an. Sicher ist es, daß sie dem Biomolekül angehört, aber so wenig dieses bloß eine Summe der in ihm enthaltenen Bioradikale ist, so wenig läßt sich die anorganische Substanz in denselben auf die einzelnen Bioradikale oder Biatome verteilen.

Dieses wirft auch etwas Licht auf die Rolle der anorganischen Substanzen bei der Fortpflanzung. Die Fortpflanzung ist Sache

der lebenden Wesen, also der Biomoleküle, nicht der Biatome. Was fortgepflanzt wird, ist vor allem das Charakteristische des Biomoleküls, also die Zusammenfassung. Wir erinnern an das Beispiel der Mikrokokken. In dem hellen Fleck, der in denselben die Entstehung der neuen Generation anzeigt, legt das zusammenfassende Biatom die Einflüsse nieder, die es von der Umgebung erhält, wie diejenigen, welche aus der Zusammenfassung sich ergeben. Dieser helle Fleck ist eben eine Umkehrung des Zyklus des zusammenfassenden Biatoms, und in ihm scheidet sich das wieder aus, was unter der Einwirkung äußerer und innerer Kräfte von der anorganischen Substanz in das zusammenfassende Biatom übergegangen ist. Was aus dem alten Mikrokokkus austritt, ist schon ein junger Mikrokokkus, bereit, wieder zu wachsen und neue Generationen zu bilden. Der ganze Vorgang der Fortpflanzung ist hier zusammengedrängt, abgekürzt gewissermaßen. Aber es leuchtet ein, wie bei den komplizierten Organismen die Fortpflanzung eine Zusammenfassung ist. Die Keime, die Elemente, welche die Fortpflanzung vermitteln, entsprechen den zusammenfassenden Biatomen, wie wir sie uns eben veranschaulicht haben. Nur werden wir sie besser Bioradikale nennen, weil sie Teile verschiedenartiger Biatome in sich aufnehmen und weil sie bestimmt sind, bald wieder Biomoleküle zu werden. Wir verstehen, daß in ihnen die Umkehr des Zyklus stattfindet, für die Biatome, welche den elterlichen Organismus zusammensetzen und daß bei dieser Umkehr die anorganischen Substanzen in organische Bindung übergehen. Wir verstehen weiter, wie diese anorganischen Substanzen beginnen, eine Rolle zu spielen, sobald die Biatome zusammengefaßt werden zu Biomolekülen. Wir unterscheiden dann die au sich gleichartigen Biatome durch diese anorganischen Gruppen. Es werden entsprechend dieser Verschiedenheit die Biatome verschieden zusammengefaßt. Ca und Si fassen verschieden zusammen gegenüber Mg und Fe. Die einen fassen den oxydierenden Teil des Zyklus, die andern den reduzierenden zusammen. Und entsprechend der Zusammenfassung vollzieht sich dann das eigentliche Leben bis zur Fortpflanzung. In ihr findet dann die Umkehr statt, sie wird für die Zooide mit den anorganischen Gruppen der Ca- und Si-Verbindungen zum Schauplatz der Reduktion für die $Bia-o_1$ und o_2 ;

für das Hyphoid mit den anorganischen Gruppen der Mg und des Fe zum Schauplatz der Oxydation für die Bia- r_1 und $-r_2$. Die anorganischen Gruppen müssen aber jedesmal in diesen Fortpflanzungselementen, den Elementen der Zusammenfassung in der organischen Bindung, vertreten sein. Warum aber diese Differenz in dem Leben, welche durch die anorganischen Gruppen herbeigeführt wird? Daß die einen die oxydierenden, die andern die reduzierenden Zweige des Zyklus zusammenfassen, muß in der Wertigkeit begründet sein. Ca und Si fassen beide die Bia- o zusammen. Weshalb diese Differenz zwischen so nahe stehenden Elementen wie Ca und Mg, die überdies gleichwertig sind? Das muß in der Entstehung der Verbindung $MgNH_4$ mit H_3PO_4 begründet sein. Denn hier ist die Kombination der Basen dreiwertig. Diese Verbindung spielt in dem Leben des Bia- o_1 eine Rolle. Das Fe wird bei Hinzutritt von O auch dreiwertig, wir haben $Fe(OH)_3$ also Eisenoxydhydrat. So kommen wir zu dem Schlusse, es sind die ungeradwertigen anorganischen Gruppen, welche die reduzierenden, die geradwertigen; welche die oxydierenden Zweige des Zyklus des Biatoms zusammenfassen.

4. Kapitel. Die Rolle des Phosphors und des Schwefels.

Phosphorsäure gehört zu den Nukleinen, Schwefel in reduzierter und in oxydierter Form zu den Eiweißkörpern. Die beiden, Nukleine und Eiweißkörper, liegen auf entgegengesetzten Seiten des Zyklus, und sie verhalten sich in bezug auf die Löslichkeitsverhältnisse verschieden. Kurz gesagt, haben wir bei dem Eiweißzweig das Fett außen, das Wasser innen, bei dem Nukleinzweig das Fett innen, das Wasser außen. Wir haben das Verhältnis der C-, N-, H- und O-Moleküle bereits besprochen und ebenso das Verhältnis der anorganischen Ca, Si, Mg und Fe. Wir haben gesehen, in dem Biatome liegen die einwertigen, in dem Biomoleküle die mehrwertigen anorganischen Gruppen. Wir haben auch schon erörtert, daß sich Ca, Si einerseits, Mg, Fe andererseits in der Lage zu den Biatomen innerhalb des Biomoleküls nicht ganz gleich verhalten. Mg, Fe liegen nach

innen von dem inneren Fett, d. h. dem Fett, welches im Nuklein entsteht, Ca, Si nach außen von dem äußeren Fett, d. h. dem Fett, welches die Eiweißkörper einhüllt. Das hängt von der Zusammenschließung der Biatome zum Biomolekül ab, das hängt von dem P und dem S ab. Das hängt von der Wertigkeit ab, sagte ich im vorigen Kapitel. Wir bemerken jetzt, P für sich ist fünfwertig, in seiner Sauerstoffverbindung ist er als Orthophosphorsäure dreiwertig, als Metaphosphorsäure einwertig. In den Nukleinen ist vielleicht die Verbindung $P(HO)_3$ vorhanden¹⁾. Immer ist er ungradwertig. Der S dagegen ist für sich vierwertig, in seiner Verbindung mit dem H ist er zweiwertig, in seiner Verbindung mit dem O ist er zwei- oder vierwertig als H_2SO_4 . Immer ist er gradwertig. P und S nehmen eine Zwischenstellung ein zwischen den organischen und den anorganischen Gruppen, sie gehören bald den einen, bald den anderen an, sie stellen die Verbindung zwischen beiden her. Dadurch machen sie eben die Zusammenfassung der Biatome zu Biomolekülen, die lebenden Wesen, möglich. Soweit sie nun Teile der Biatome sind, müssen P und S deren Zyklus mitmachen. Wie können sie das? Sie müssen sowohl den wasserlöslichen wie den fettlöslichen Teil durchlaufen. Daß der P als H_3PO_4 in Wasser löslich ist, bedarf keines Nachweises. Seine Beteiligung an der Bildung des Nukleins in dieser Form stellt ihn eben an die Grenze der Fett- und Wasserlöslichkeit. In dem Lezithin dagegen, wo er gleichfalls als H_3PO_4 enthalten ist, ist er rein in Fett löslich und in Wasser nur noch quellbar. Das Lezithin muß also den Übergang darstellen. Der S ist in reduzierter und oxydierter Form vorhanden. In reduzierter Form bildet er die Eiweißkörper, denn in ihnen ist er in der Cystingruppe enthalten. In oxydierter Form verläßt er dieselben wieder, wie wir aus seinem Erscheinen im Taurin wissen. Er dürfte in ersterer Form aus dem fettlöslichen Teil in den in wasserlöslichen übergehen. Wie geht er aber wieder zurück? Vielleicht als Rhodan, das S enthält und fettlöslich ist. Was nun das Verhältnis zu den anorganischen Gruppen betrifft, so stellen uns einerseits die Na_2HPO_4 , die $MgNH_4PO_4$, und die

¹⁾ Bang, H., Die Guanylsäure der Pankreasdrüse und deren Spaltungsprodukte. Zeitschr. f. phys. Chemie. 26. 133.

FePO_4 , Verbindungen der ungradwertigen anorganischen Substanzen mit dem P und CaSO_4 sowie $(\text{CNS})_4\text{Si}$ der gradwertigen mit dem S. Was aber soll man zu solchen Verbindungen sagen wie $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ oder NaHSO_4 , wo die verschiedenwertigen miteinander verbunden sind. Sie treten auf, wo die verschiedenen Symbioten Zooide und Hyphoide miteinander verbunden sind und aufeinander wirken. Vielleicht ist es nicht überflüssig, uns zu erinnern, wie wir die verschiedenen Zustände im Biatom und Biomolekül einander gegenüberstellten. Im letzteren war es der Gegensatz zwischen zusammenfassenden und zusammengefaßten Bioradikalen. Er wurde vermittelt durch die mehrwertigen anorganischen Gruppen. In ersterem ist es der Gegensatz zwischen reduzierendem und oxydierendem Stadium. Er wird repräsentiert durch P und S. In dem reduzierenden Stadium ist es das P, in dem oxydierenden der S, welcher die Zusammenfassung übernimmt. Schon hörten wir, wie die geschlechtlichen Gegensätze sich gerade auf P und S stützen. Wenn wir andererseits uns auf die Komplikationen vorbereiten, die ein weiteres Zusammentreffen der Bioradikale zur Folge haben wird, so können wir voraussehen, daß dabei die Kombination der anorganischen Substanzen mit P und S, die Kombination des Gegensatzes im Biomolekül mit dem im Biatom eine Rolle spielen wird.

Wenn wir uns die Bedeutung, die P und S für den Zyklus des Biatoms haben, vergegenwärtigen wollen, müssen wir ferner ins Auge fassen, daß S in Verbindung mit H und mit O auftritt, in reduzierter und oxydierter Form. Bei dem Übergang von dem O-armen Nukleïn zu dem O-reicheren Eiweiß wird es seine Rolle spielen im Verein mit dem O der Atmosphäre. Der P dagegen tritt auf in den Verbindungen HPO_3 , H_3PO_4 , H_5PO_5 , die sich durch den Gehalt an H_2O unterscheiden. Seine Rolle ist nicht geknüpft an die Herstellung von O-armen und O-reichen Molekülen, sondern von wasserärmeren und wasserreicheren Molekülen. Das ist aber ein Hinweis darauf, daß er tätig ist bei der Herstellung großer und kleiner Moleküle. Denn die Spaltung in der physiologischen Chemie ist eine hydrolytische und umgekehrt ist die Zusammenfassung kleiner zu großen Molekülen eine solche unter Ausscheidung von H_2O .

5. Kapitel. Eisen.

Zunächst kommt das Eisen in den Wirbeltierorganismus hinein als organische Gruppe im Hyphoid. Über die Anwesenheit von Fe in den Hyphenpilzen habe ich einen Versuch gemacht, den ich in der Fußnote mitteilen will.¹⁾

Das anorganische Eisen, welches in den Konidien und Hyphen enthalten war, geht in organische Bindung über, wo es sich um Zusammenfassung und Fortpflanzung handelt. Diese geschieht für die geschlechtliche Generation, die mit den Konidien be-

¹⁾ Von *Penicillium glaucum* wurde sowohl von den Konidien wie von den Hyphen eine Portion in eine feuchte Kammer gebracht und gezüchtet. Zwei Proben, grünlich von der Farbe der Konidien, werden von diesem gezüchteten *Penicillium* mit dem Hornlöffel genommen. 2 enthält bloß Konidien, 1 daneben noch Hyphen. Beide werden mit destilliertem H₂O dreimal gewaschen, das Waschwasser gibt keine Eisenreaktion. 2 wird darauf im Platintiegel verascht. Es wird der Asche 0,1 g KHSO₄ zugesetzt und nach Jolles²⁾ in dessen Apparat verfahren, ganz wie bei Blutuntersuchungen. Nach Zusatz von CNSNH₄ tritt ganz schwache Gelbfärbung auf. Die Probe 1 wird zunächst mit vierfach verdünnter Salzsäure ausgezogen, um anorganisch gebundenes Eisen zu gewinnen. Diese Behandlung ergibt gar kein Resultat, weil der Pilz einfach auf der wässrigen Lösung schwimmt und diese gar nicht in ihn eindringt. Es wird darauf zur Extraktion eine Mischung von 1 Teil Alkohol, 1 Teil Salzsäure, 2 Teilen Wasser genommen, sofort ändert sich das Bild. Der Pilz sinkt teilweise unter, um wieder in die Höhe zu kommen, er wird benetzt und ändert seine Farbe. Nach einer Extraktion von 15—20 Minuten wird die Flüssigkeit von dem Pilz abgossen und in der Porzellanschale über freier Flamme vorsichtig erhitzt. Nach dem Verjagen des Alkohols scheidet sich auf der Oberfläche derselben ein schwärzliches Öl aus, und in der ganzen Menge der Flüssigkeit verteilt ist ein rötlicher Farbstoff suspendiert. Die Flüssigkeit wird durch Eindampfen auf etwa $\frac{1}{3}$ reduziert, dann abfiltriert. Sie geht farblos durchs Filter und bleibt farblos nach Zusatz von 1 cem HCl. Nach weiterem Zusatz von 4 cem CNSNH₄ wird sie lebhaft rötlich gefärbt.

Man muß aus diesen Resultaten folgern:

1. Das *Penicillium glaucum* enthält in der Tat Eisen, und zwar, wenn man die angewendete Menge und die Stärke der Reaktion vergleicht, ziemlich viel.
2. In den Hyphen ist relativ mehr vorhanden als in den Konidien.
3. Es findet sich Fe in einer Verbindung vor, die durch alkoholische, vierfach verdünnte Salzsäure extrahiert werden kann, also wohl anorganische Bindung zeigt.

²⁾ Jolles, A. Beiträge z. quant. Bestimmung des Eisen im Blute. Pfl. A. 65, 579.

ginn, durch die Askosporen. In dieser Bindung vollzieht nun im Wirbeltierkörper das Eisen seine Rolle als Sauerstoffüberträger.

Wir sprachen von den Askogonen und Pollinodien des im Organismus enthaltenen Hyphoids Bd. I S. 223. Aus deren Zusammentreten entwickeln sich die Askohyphen und in ihnen die Askosporen. Als solche habe ich die Blutkörperchen angesehen. Sie enthalten das Hämoglobin und damit das Eisen in seiner organischen Bindung, das wir in der Fußnote in den Konidien und den sie tragenden Hyphen, in anorganischer Bindung haben kennen gelernt.

Mit der organischen Bindung aber erwächst die zweite Rolle des Eisens, die des Sauerstoffüberträgers. Sie entspringt seiner doppelten Wertigkeit. Gibt es auch in der organischen Bindung eine solche zweifache Wertigkeit? Die Existenz von Ferro- und Ferricyankalium belehrt uns, daß dies der Fall ist. Indem das Eisen von der geringeren zur höheren Wertigkeit übergeht, nimmt es Sauerstoff auf, indem es zur geringeren Wertigkeit zurückkehrt, gibt es denselben wieder ab. Dieses Schwanken in der Wertigkeit mag aber herrühren von dem Partner, mit dem das Fe sich verbindet, eben in den Blutkörperchen. Die Blutkörperchen sind nicht bloß eine Bildung des Hyphoids, sondern des ganzen Wirbeltiers, also auch der Zooide. Dementsprechend haben wir in Verbindung mit dem Farbstoff das Eiweiß. Es ist im oxydierenden Teil des Zyklus, nimmt also O auf. Zunächst ist uns einerlei, ob es denselben wieder abgibt an andere Eiweiße oder selbst verbraucht. Wir sehen jedenfalls, das Eisen geht aus dem Ferri- in den Ferrozustand über, indem es den O verliert, es wird zweiwertig, d. h. geradwertig. Als solches könnte es nun mit dem S des Eiweißes eine Verbindung eingehen, die es in das Bioradikal der Zooide hineinführte. Warum tut es das nicht? Da sind dreierlei Gründe. Erstens hat es als geradwertige anorganische Substanzen Konkurrenten, vor allem am Ca, das im Blutplasma vorhanden ist. Zweitens stehen die Löslichkeitsverhältnisse dem entgegen. Als Bestandteil der Askosporen, d. h. des Hyphoids, wäre der Farbstoff innerhalb des inneren, in den Nukleinen gebildeten Fettes. Tatsächlich haben wir das Hämoglobin innerhalb des Stromas der

Blutkörperchen, das aus Cholesterin und Lecithin besteht. Drittens führt das Herz das Blut immer wieder zur Lunge, die neuen Sauerstoff zuführt, durch den das Fe wieder in den Zustand der Dreiwertigkeit übergehen kann. So beginnt das Spiel der O-Aufnahme und O-Abgabe wieder, das sich wiederholt, solange O-Moleküle von einer gewissen Beweglichkeit und Eiweiß von einer gewissen Oxydationsfähigkeit vorhanden sind.

6. Kapitel. Aktive Gruppen.

Sind nicht alle Atomgruppen in dem Biatom aktiv? Aktiv heißt doch, daß sie Veränderungen durchmachen, und das muß sein, wenn das ganze Biatom einen Zyklus durchmacht. Aber es gibt einen Unterschied in der Aktivität, und auf ihn will ich zunächst aufmerksam machen. Es handelt sich im Leben nicht bloß um das Durchlaufen des Zyklus, sondern auch um die Stellung zur Außenwelt, um die Beantwortung der von dieser ausgeübten Reize. Die Physiologen haben längst den Begriff der auslösenden Kräfte eingeführt und darunter immer verstanden, daß gewisse Apparate der lebenden Wesen von den Kräften der Umgebung leicht verändert werden und daß deren Veränderung dann andere viel gewichtigere und weitergehendere im Organismus herbeiführt. Pflüger¹⁾ hat zuerst das geniale Wort ausgesprochen, daß diese Apparate, die von der Außenwelt so leicht verändert werden, Explosivstoffe enthalten müßten oder ihnen vergleichbar wären. Wenn wir nun die lebenden Wesen Biomolekülen gleichsetzen, wenn wir ihre Zusammensetzung aus Biatoemen annehmen, weichen wir dann ab von dieser Anschauung? Nein im Gegenteil, wir gehen von ihr aus. In den Biatoemen muß es explosive Gruppen geben, welche auf Einwirkung der Außenwelt hin explodierend sich verändern und damit weitere Veränderungen herbeiführen. Wir gehen dann gleich weiter, indem wir diese Explosionen in Beziehung zu dem Lebenszyklus bringen. Sie müssen auch in denselben eingehen, das ergibt sich ohne weiteres aus unserer

¹⁾ Pflüger, E., Über die physiol. Verbrennung in den lebendigen Organismen. Pfl. Arch. 10. 251.

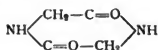
Voraussetzung, daß dieser Lebenszyklus der Umgebung, in der er sich abspielt, angepaßt sein muß. Aber wie geschieht das? Zunächst sieht man, daß die Explosionen, die durch die äußeren Reize veranlaßt werden, dazu gehören, um den Lebenszyklus vorwärtszubringen. Was im ersten Band S. 256 u. f. über Schlafen und Wachen gesagt wurde, mag das illustrieren. Es sind die Stoffe, welche sich aus den explodierenden Substanzen bilden, welche auf die übrigen Bestandteile des Biatoms wirkend, dieselben einen Schritt in dem Lebenszyklus voranbringen. Auf der anderen Seite muß man doch auch fragen, woher kommen diese explodierenden Stoffe? Es sind die Umwandlungen, welche das Fortschreiten des Lebenszyklus im Biatom bewirken, die ihre Bildung herbeiführen. Darin liegt eben die Anpassung an die Außenwelt daß die Reize, welche dieselbe herbeiführt, Explosionen im Biomolekül veranlassen; die Stoffe, die bei denselben gebildet werden, veranlassen einen Fortschritt im Lebenszyklus, die Fortschritte im Lebenszyklus bewirken die Bildung explosionsfähiger Stoffe. So kommt es zu einem fortwährenden Verbrauch und einer fortwährenden Erneuerung derselben. Zu den Stoffen, welche hervorragend explosionsfähig sind, gehört die Knallsäure $C=N-OH$. Sie ist bekannt in ihren Salzen, namentlich dem Knallsilber und Knallquecksilber, die gleichfalls explosiv sind. Ich nehme an, daß die Knallsäure auch die explodierende Substanz in den Lebewesen bildet aus dreierlei Gründen,

1. Wegen der großen Analogie, welche besteht zwischen der Auslösung eines Schusses und der eines Reflexes im Lebewesen. Ich spreche hier nur von der Auslösung und nicht von der Entwicklung der Spannkraft. Und doch, welche Differenz existiert in letzterer Beziehung zwischen Pulver und den Organen der Bewegung.

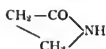
2. Weil in der Knallsäure der Kohlenstoff zweiwertig ist wie in dem Kohlenoxyd. Die Knallsäure wird von Nef¹⁾ als das dem Kohlenoxyd entsprechende Oxim bezeichnet. Die eigentümliche Giftigkeit des Kohlenoxyds für die Lebewesen, die sich nicht bloß aus der Verdrängung des Sauerstoffs erklären läßt, würde durch die Beziehung zur Knallsäure aufgeklärt.

¹⁾ Nef, J. U., Über das zweiwertige Kohlenstoffatom. Liebigs Annal. d. Ch. 280, 291.

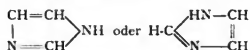
3. Die Atome, welche die Knallsäure bilden, können in dem Lebenszyklus unter Veränderung der in demselben auftretenden Substanzen leicht aus denselben austreten. Man hat in dem einen Zweig die Eiweißkörper, in dem anderen Zweig des Lebenszyklus die Nukleine, man muß annehmen, daß die einen aus dem anderen hervorgehen, wenn der Lebenszyklus Fortschritte macht. Nehmen wir ein Beispiel. Auf der einen Seite haben wir als Grundlage der Eiweißkörper den Ring, der aus dem Glyzyl-Glyzin durch Ausscheiden des Wassers entsteht Bd. I S. 122



das Dioxypiperazin. Nehmen wir aus ihm CO und NH weg, die Elemente der Knallsäure, so bleibt

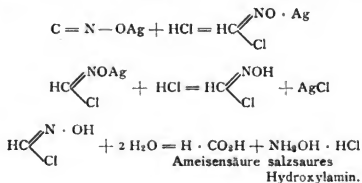


Die Offenheit des Rings muß wieder geschlossen werden. Das könnte geschehen durch Hinzutritt von NH_2OH , dem Hydroxylamin, und Austritt von $2\text{H}_2\text{O}$, dann entstände



das Glyoxalin, der Ring, welcher die eine Komponente des Purins bildet, vergl. Bd. I S. 124.

Wo käme das Hydroxylamin so plötzlich her? Das Hydroxylamin entsteht leicht aus den Salzen der Knallsäure unter Einwirkung von Salzsäure. Anschütz¹⁾ gibt folgendes Beispiel:



¹⁾ Anschütz, Org. Chemie VIII. Aufl. I 252.

Das Hydroxylamin, welches beim Zugrundegehen der Knallsäure entsteht, trifft also hier zusammen mit der entstehenden Knallsäure. Freilich $C=O+NH$, die aus dem Dioxypiperazin austreten, sind noch keine Knallsäure. Aber wenn dieselben ihre Affinitäten vertauschen, so entsteht leicht $C=N-OH$ daraus. Das Entstehen wie das Vergehen dieses Explosivstoffes findet im Moment des Überganges aus Eiweiß in Nukleïn, aus dem oxydierenden in den reduzierenden Zweig des Zyklus statt. Während des Lebens ist dieser Stoff fähig, auf Reize der Außenwelt zu reagieren. Die Stoffe, die aus ihm entstehen, bringen den Lebenszyklus vorwärts, und andererseits entsteht er wieder, indem eine Stufe des Lebenszyklus in die andere übergeht. Deshalb bezeichne ich diesen Stoff als „die aktive Gruppe“.

Indessen bedarf unsere Nomenklatur gerade seinetwegen noch einer Ergänzung. Das Dioxypiperazin ist doch eine Grundsubstanz der einwertigen Eiweißkörper, das Glyoxalin dagegen der zweiwertigen Nukleïne. Ist nun $CNOH$ die aktive Gruppe eines ein- oder eines zweiwertigen Biatoms? Das kommt darauf an. Darauf nämlich, welcher Zweig des Lebenszyklus im Vordergrund steht, ob der oxydierende oder der reduzierende. Schon haben wir gesehen, wie einerseits die Biatome zu Biomolekülen zusammengeschlossen werden, wie andererseits die Kräfte der Außenwelt auf die Gruppen wirken. Ist das, wovon wir sprachen, eigentlich die aktive Gruppe des Biatoms oder des Biomoleküls, möchte man fragen. Sie gehört zu beiden. Zum Biatom gehört sie, weil sie organischer Natur ist, von den organischen Gruppen, die den Zyklus des Biatoms bilden, her stammt; zum Biomolekül gehört sie, weil sie von den Kräften der Außenwelt verursacht wird, und nur auf die Biomoleküle wirken die Kräfte der Außenwelt. Diese Biomoleküle müssen doch Teile haben, die sie der Außenwelt zukehren, die ihre Oberfläche gegen die Außenwelt bilden. In ihnen stecken die Biatome, hier wird ihr Zyklus verändert, hier entstehen die aktiven Gruppen. Sowie aber diese explodiert ist, muß sie auf eine anorganische Gruppe wirken und durch diese wieder auf ein anderes Biatom.

7. Kapitel. Biatome gegenübergestellt den Bioradikalen.

Wieder liegt ein Widerspruch über der vorausgegangenen Unterabteilung. Hyphoid und Zooid sollen die Symbioten der höheren Lebewesen sein, aber das, was sie zusammensetzt, soll sich nicht symbiotisch verhalten? Warum nicht? In Hyphoid und Zooid sind eben Bioradikale, und die einfachsten Bioradikale setzen sich zusammen aus Biatomen. Aber Bioradikale leiten sich her von Biomolekülen, und wir haben im Reich der Pilze doch schon einfachere Biomoleküle getroffen. Sind Bia-o und Bia-r, Bia₁ und Bia₂, die wir in Hyphoid und Zooid antreffen, wirklich Biatome oder sind sie nicht auch Symbioten? Gilt das Gesetz, daß die Elemente des Lebens sich symbiotisch verhalten, nur von dem Hyphoid und Zooid an, oder gilt es auch bis zu ihnen für die Elemente, welche sie selbst zusammensetzen? Man sieht keinen Grund für den Unterschied. Wenn aber diese Elemente sich symbiotisch verhalten, dann müssen sie auch imstande sein, ein selbständiges Leben zu führen, d. h. Biomoleküle zu werden. Dann aber müssen sie nicht Biatome sondern Bioradikale sein. Nun haben wir am Schluß der vorigen Unterabteilung gesehen, daß es charakteristisch für die Biomoleküle ist, ein bestimmtes Stadium des Zyklus des Biatoms zu repräsentieren. Dieses Stadium müssen sie in entstehendem und vergehendem Zustand enthalten, und die beiden Zustände müssen durch eine anorganische Gruppe untereinander verbunden sein. Das wird im wesentlichen auch für die Bioradikale gelten. Wenn wir daher lernen, ein Zooid bestehe aus Bia-o₁, Bia-r₂, Bia-o₂ so verstehen wir jetzt darunter die entsprechenden Stadien im entstehenden und vergehenden Zustände. Die beiden Zustände desselben Elementes sind verbunden durch eine anorganische Gruppe von entsprechender Wertigkeit. Was aber verbindet die verschiedenen Elemente untereinander? Was bewirkt, daß sie zu Gliedern eines einzigen, ihnen gemeinschaftlichen Lebewesens werden? Wodurch werden die Biomoleküle umgeformt zu Bioradikalen, die selbst in einem Biomolekül höherer Ordnung drin stecken? Die Chemie sagt uns, daß eine Atomgruppe, die ein selbständiges Molekül war, wenn sie in ein anderes Molekül als Radikal eintritt, etwas verliert, ebenso wie diesesselbst. Durch diesen

Verlust wird eben das Aufgeben ihrer Selbständigkeit besiegelt. Wie die chemischen Radikale verhalten sich auch die Bioradikale. Es muß ihnen also etwas fehlen, sie müssen nicht so vollständig sein, wie sie es als Biomoleküle sein würden. Sie führen eben kein selbständiges Leben. Und doch wieder führen sie ein selbständiges Leben, sie sind Symbioten. Wie ist das zu verstehen? Sie führen das selbständige Leben nicht immer, nicht der Außenwelt gegenüber. Sie führen es nur zeitenweise und dem Organismus, d. h. dem Biomolekül gegenüber, dem sie angehören. In diesen Momenten, in denen sie ein selbständiges Leben führen, werden sie vervollständigt auf Kosten der übrigen Bestandteile des Biomoleküls. Durch was werden sie vervollständigt, und wie ist dieses Verhältnis überhaupt zu verstehen? Was sie organisch vervollständigt, kann nur die aktive Gruppe oder ein Derivat desselben sein. Sehen wir uns doch einmal, um die Behauptungen zu verstehen, den Aufbau des Hyphoids oder der Zooide an. Beide stehen, soweit sie selbständig sind, in dem Spiel der Kräfte der Außenwelt. Diese Kräfte pochen an ihre Oberfläche. In ihnen ist eines der sie bildenden Bioradikale in einem Lebensstadium das umfassende, es bildet die Oberfläche, es charakterisiert das Lebewesen, also das Biomolekül. Würden wir chemisch sprechen, so würden wir sagen, in diesem Lebensstadium ist das Molekül eine Aldose oder eine Ketose. Sprechen wir morphologisch, so sagen wir, in diesem Lebensstadium ist das Biomolekül ein Mycel oder ein Schwärmer. Es bietet seine Oberfläche den Kräften der Außenwelt dar. Es ist die aktive Gruppe, die auf deren Pochen antwortet. Sie explodiert. Über die Körper, die bei dieser Explosion entstehen, haben wir vorhin gesprochen, wir haben uns aber noch nicht umgesehen, wohin sie kommen. Es ist nicht bloß die Oberfläche, die an einem Widerstand gegen die Außenwelt beteiligt ist, die inneren Teile, die eingeschalteten Bioradikale, sind es auch. Wenn ich an ein nicht weit zurückliegendes chemisches Beispiel denke, das Verhältnis des Traubenzuckers bei der Gärung, so haben wir da ein Vorbild. Der Traubenzucker ist eine Aldose, seine Aldehydgruppe entzieht dem CaO den O. Eingeschaltet in diese Aldose aber sind Alkoholgruppen. Sie kommen in zweiter Linie mit dem reduzierten Ca in Verbindung, und sie bilden mit ihm die Saccharate.

Da haben wir ein einfaches chemisches Molekül, und viel komplizierter ist die Sache bei dem Biomolekül. In ihnen sind die eingeschalteten Bioradikale nicht mehr einfach substituiert. Sie müssen alle einen Zyklus durchmachen, und dazu brauchen sie einen Nährboden und ein Medium, in dem sie ihre Form ändern können. Das muß es geben innerhalb des führenden Biomoleküls, und das gibt es. Aber innerhalb dieses Mediums leben die eingeschalteten Bioradikale ohne Selbständigkeit. Sie werden erst selbständig, wenn sie vervollständigt werden. Und sie werden vervollständigt durch das, was das führende Molekül an sie abgibt. Es muß diese Abgabe die Medien, welche die eingeschalteten Bioradikale von der führenden Oberfläche trennen, durchschreiten. Was kann diese abgeben, und was kann die Durchschreitung ausführen? Beides kann die aktive Gruppe resp. ihre Derivate tun. Sie wird von der Oberfläche unter dem Einfluß der äußeren Kräfte abgeben, ihre Derivate müssen von den eingeschalteten Bioradikalen aufgenommen werden, und sie können die Medien, welche diese umgeben, durchschreiten. Diese Medien sind entweder gasförmig, wie wir es bei den Lufthyphen der Fadenpilze haben, oder sie sind flüssig. Dann können sie neutral, sauer oder alkalisch sein. Die aktive Gruppe und ihre Derivate aber können sein die Knallsäure oder das Hydroxylamin, oder das Kohlenoxyd. Indem diese zu den eingeschalteten Bioradikalen hingelangen, vervollständigen sie dieselben. Was heißt das? Sie machen sie zu selbständigen Lebewesen, die ihren Lebenszyklus um den Betrag, den ihnen diese Vervollständigung gestattet, weiterführen können. Das Resultat hiervon aber ist die Umwandlung, welche das Hyphoid oder Zooid allmählich erleidet. Das zuerst führende Biomolekül gibt fortwährend aktive Gruppen ab, unter dem Einfluß der äußeren Kräfte. Das ihm zunächst stehende, eingeschaltete Bioradikal empfängt deren Derivate und bildet mit deren Hilfe seinen Zyklus weiter. So erschöpft sich das erste, und das zweite gewinnt. Das zweite übernimmt dann die Führung, ein neues, verändertes Lebensstadium tritt ein. Es bildet sich eine neue Oberfläche, ein neues Verhalten der Außenwelt gegenüber. Der Innenwelt gegenüber aber wiederholt sich nun in anderer Form die Abgabe an das weitere der eingeschalteten Bioradikale. Endlich erreicht auch dieses die Führung, und es beginnt das dritte

Lebensstadium. Das eigentlich Verbindende und Gemeinschaftliche der verschiedenen Bioradikale ist die aktive Gruppe. Die Dauer der einzelnen Lebensstadien aber hängt von zwei Bedingungen ab:

1. von der Anzahl von Biatomen, die die aktive Gruppe abgeben können, welche das führende, die Oberfläche bildende Bioradikal enthält;

2. von der Anzahl der Stöße, welche die Kräfte der Außenwelt auf diese Oberfläche ausüben.

IV. Unterabteilung. Lebensäußerungen.

I. Kapitel. Der Lebenszyklus.

Schon haben wir gehört, wie der Lebenszyklus einen reduzierenden und einen oxydierenden Zweig hat, einen kraftaufspeichernden und kraftentwickelnden. Wir wissen weiter, in dem ersteren werden Nuclein, Kohlenhydrate und Fette gebildet, in dem letzteren Eiweißkörper. Aber über die Art des Überganges und die Gründe desselben haben wir uns noch nicht ausgesprochen. Zwar wurde auch schon gesagt, bei dem Übergange aus dem reduzierenden in den oxydierenden Zweig wird O aufgenommen von der Umgebung, und er dient dazu, das Fett zu oxydieren. Bloß das Fett?

Was wird aus den Kohlehydraten? Werden nicht ihre Aldehydgruppen in Karboxylgruppen und ihre Alkoholgruppen in Aldehydgruppen durch denselben umgewandelt? Findet nicht so eine allmähliche Aufzehrung der Kohlenhydrate statt, und eine Ausscheidung von CO_2 und H_2O an Stelle des aufgenommenen O? Auf der anderen Seite genügt es nicht zur Bildung von Eiweißkörpern, wenn das Fett oxydiert wird. Müssen nicht auch N-Atome aufgenommen werden? Diese stammen aus den Nucleinen. Dort sind sie verbunden mit C und H als $\text{C}_5\text{N}_4\text{H}_4$ in den Purinen. Sie müssen also, um in die Eiweißkörper als Ammoniak einzutreten, H aufnehmen, und den muß ihnen das Fett

liefern. So wird das Fett in doppelter Hinsicht abgebaut durch die Wirkung des O und die Wirkung des N. Auf der anderen Seite ändern S und P ihre Stellung. Mit der Bildung der Eiweißkörper wird der S notwendig. Er entweicht der Verbindung, in der er in dem fettlöslichen Teil des Zyklus enthalten ist. Wir bezeichneten das Rhodan als wahrscheinlich eine solche darstellend. Das Fett wird frei, der S setzt sich mit den Eiweißkörpern in Verbindung. Auf der anderen Seite wird der P überflüssig, der seither mit dem Nuklein in Verbindung war, da dieses zerstört wird.

Schon habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie diese innere chemische Umsetzung bei den Biatomen verbunden ist mit einer Bewegung, mit einer Änderung der Gestalt. Die Einmischung der äußeren Kräfte bedingt das. Teile des Biatoms werden leichter als andere, weil sie der Schwerkraft weniger Angriffspunkte bieten. Das Biatom dreht sich. Oder es wird als Ganzes leichter als das umgebende Wasser, es steigt in demselben empor. Die Gase der Atmosphäre mischen sich in die chemischen Umsetzungen ein. Es wird O aufgenommen, es reißt sich CO_2 los, und auch hierdurch kommt eine Bewegung zustande. So sprechen wir von zwei entgegengesetzten Polen, von denen der eine bei der Ruhelage des Biatoms gegenüber der Umgebung den untersten, der andere den obersten Punkt darstellt. Ist das Biatom dagegen bewegt, gegenüber der Umgebung, so stellt der eine Pol die tiefste, der andere die höchste Lage des Biatoms dar. So vermischt sich die Betrachtung der Form und Lage mit der chemischen Umsetzung. Aber entsprechen dieselben auch einander? Wir wissen schon, daß das Fett die reduzierteste und auch, wenn wir von den Gasen absehen, die leichteste Substanz des Biatoms ist. Sie wird also danach streben, den höchsten Punkt einzunehmen. Indem sich die Reduktion des C vollzieht, bereitet sich auch die Lageveränderung vor. Es ist das Spiel der Oxydation und Reduktion, das wir an die beiden Pole verlegt haben. Aber dieses beherrscht die ganze Lageveränderung innerhalb des Zyklus. Von dem obersten Punkt, der erreicht wird, wenn die Reduktion vollendet ist, dreht sich das Biatom oder sinkt wieder herunter durch die nun einsetzende Oxydation. Und es dreht sich wieder oder

steigt herauf, nachdem die Oxydation vollendet ist, wenn dann die Reduktion wieder beginnt. Das bezieht sich aber doch nur auf einen Zyklus, der sich im Wasser abspielt, denn er wird nur motiviert durch die relative Schwere von Fett und Wasser. Wir haben aber doch auch Lebenszyklen, die sich in der Luft abspielen. Da kann es doch nicht das Fett sein, welches das Emporsteigen bewirkt. Da sind es eben die Gase, welche dasselbe veranlassen. So gut wie der O von der Atmosphäre aufgenommen wird, so gut wird die CO_2 an dieselbe wieder abgegeben. Damit aber haben wir auch den Punkt berührt, wo die chemische Umsetzung wieder Form und Lage bedingt. Denn wie die Reduktion darauf beruht, daß der C den H bindet, so beruht die Oxydation darauf, daß er sich mit dem O vereinigt. Den O nimmt er aus der Atmosphäre, den H nimmt er von dem N, der aus der NH_3 -Bindung in die $\text{C}=\text{N}-\text{H}$ oder $\text{C}=\text{NOH}$ oder $\text{C}=\text{NOH}$ -Bindung übergeht. Was aber dient als Zwischenglied bei diesem Wechsel zwischen H und O? Eben der S, welcher bald aus der Atmosphäre oder durch Vermittlung des Fe von diesem den O aufnimmt, und der anderseits von dem N mit dem H beladen wird und diesen wieder an den C abgibt.

Aber ist das wirklich genügend? Vermissen wir nicht noch etwas? Was bewirkt eigentlich die Umkehr aus dem einen in den anderen Zweig des Zyklus? Den Fortgang in jedem Zweig könnte man sich durch das Spiel der Verwandtschaften erklären, aber was bewirkt das Übergehen aus einem Zweig in den anderen, verbunden mit einer Änderung des Lösungsmittels? Haben wir nicht außerdem früher behauptet, das Zustandekommen des Zyklus sei auf die Wirkung der anorganischen Gruppen zurückzuführen, die sich entgegengesetzt verhalten, wie die organischen gegenüber der Elektrizität? In dem Lebenszyklus, der hier angeführt wurde, ist aber von anorganischen Gruppen gar keine Rede. Und wieder an vielen anderen Stellen wurde behauptet, es sei das Gegeneinanderspiel der inneren und der äußeren Kräfte, der chemischen und der physikalischen, welche den Lebenszyklus veranlasse, und hier ist doch bloß die Rede von dem Widerspiel des O und des N, also bloß von chemischen Kräften. Das alles erscheint voller Widersprüche. Lassen sich dieselben auflösen? Erinnern wir uns einerseits an

die doppelte Stellung der anorganischen Gruppen. Sie gehören nicht dem Biatom an, sondern nur dem Biomolekül. Sie wurden nur von den Biatomen eingeschlossen. So hieß es einerseits.

Sie gehören doch dem Biatom an, aber dann sind sie nicht mehr in anorganischer, sondern in organischer Bindung, so hieß es andererseits. Die Biatome sind in den Biomolekülen nicht in einerlei Stellung, die einen werden zusammengefaßt und die anderen fassen zusammen. In die zusammenfassenden treten die anorganischen Elemente in organischer Bindung ein, von den zusammengefaßten werden die anorganischen Gruppen umfaßt. Die Biomoleküle, so hieß es weiter, sind der Wirkung der äußeren Kräfte ausgesetzt, und dieser Wirkung der äußeren Kräfte, der physikalischen Kräfte, die auf die physikalisch ausgedehnten anorganischen Gruppen wirken, ist es zu danken, wenn dieselben nicht unverändert bleiben. Weiter erfuhren wir, die Zusammenfassung hat etwas zu tun mit der Fortpflanzung. Die Fortpflanzung ist eigentlich die Anlage der Zusammenfassung. Das Übergehen von anorganischen Elementen in organische Bindung, das der Zusammenfassung eigen ist, hat demnach etwas zu tun mit der Fortpflanzung, und der Einfluß der äußeren Kräfte auf die anorganischen Gruppen auch. Ist nun der Zyklus der zusammenfassenden Biatome ein anderer, als wie der der zusammengefaßten? Wir kennen doch nur **einen** Zyklus. Wir machen uns das in der Weise klar, daß wir denken, es vertreten hier die anorganischen Elemente die organischen, z. B. das Si den C, wie wir das von der Chemie her kennen. Aber doch müssen auch die zusammengefaßten Biatome in diese Lage kommen. Wie geschieht das? Wenn es einen Eintritt der anorganischen Elemente in die Biatome gibt, so muß es auch einen Austritt geben. Auch dieser Vorgang muß sich zyklisch verhalten. Ist die Zusammenfassung mit der Fortpflanzung identisch, so muß es ein Sterben geben, so, gut wie es ein Gebären gibt. Wenn unter dem Einfluß äußerer Kräfte das zusammenfassende Biatom anorganische Elemente ausstößt, so müssen in einem anderen Biatom anorganische Elemente aufgenommen werden. Auf diese Weise wird das Gleichgewicht erhalten, und der Zyklus vervollständigt sich. Dasjenige Biatom, welches die anorganischen Elemente verloren

hat, wäre aber nun nicht mehr zur Zusammenfassung geeignet, und das andere, welches dieselben aufgenommen hat, wäre es. Wie tritt es an seine Stelle? Da tritt, wie wir im vorigen Kapitel lernten, die aktive Gruppe in Kraft. Sie wandert von der Stelle, wo die äußeren Kräfte die Oberfläche des Biomoleküls getroffen haben, von Biatom zu Biatom sich immer erneuernd und so die Biatome verändernd, indem sie zu ihnen addiert oder von ihnen wegnimmt. Was aber hat dieser Vorgang der Aufnahme anorganischer Elemente in die Biatome für einen Einfluß auf den Lebenszyklus der Biatome? Sehen wir uns dasselbe Biatom in seiner verschiedenen Verwendung als Zusammengefaßtes und Zusammenfassendes an. An verschiedenen Stellen erfolgt der Eintritt und der Austritt der anorganischen Elemente. Das eine ist eine Reduktion, das andere eine Oxydation derselben. Beides ist verbunden mit einer Änderung des elektrischen Zustandes, wie der Übergang aus der anorganischen in die organische Bindung und umgekehrt, bedingt. Beides liegt an den Polen des Zyklus und der Umschlag, der hier stattfindet, ist eben eine Folge der Änderung des elektrischen Zustandes. Die Ursache zu dieser Aufnahme oder Abstoßung zu dieser Änderung des elektrischen Zustandes ist aber gegeben durch die äußeren Kräfte, die an die Oberfläche des Biomoleküls geklopft haben. Alle Biatome des Biomoleküls aber, müssen wie wir jetzt sehen, um ihren Zyklus zu vollenden, das Verhältnis des Zusammenfassens und Zusammengefaßtwerdens durchlaufen.

2. Kapitel. Verschiedene Biomoleküle.

Wie kann die Mannigfaltigkeit der lebenden Wesen zustande kommen, wenn es nur einen einzigen Zyklus des Lebens gibt? Zunächst gibt es nicht einen Zyklus, sondern zwei, die sich allerdings sehr ähnlich sehen, den des Biatoms Bia_1 und des Biatoms Bia_2 , welche wir nach der Wertigkeit der darin auftretenden Eiweißverbindungen unterschieden. Aus der Vereinigung der gleichartigen und der ungleichartigen in wechselnder Anzahl entsteht eine nächstliegende Mannigfaltigkeit. Sodann haben wir gelernt, wie es in dem Zyklus der Biatome einen oxydierenden und einen

reduzierenden Zweig gibt. Wir haben dann weiter gesehen, wie durch die anorganischen Gruppen bald der eine, bald der andere Zweig in einer gewissen Anzahl von Vertretern zusammengefaßt wird, und wie durch diese Intervention der anorganischen Gruppen eine neue Variation entsteht. Man sieht diese Variation nach zwei Richtungen hin sich entfalten, 1. nach der Kombination verschiedener Biatome zu einem Biomolekül hin, 2. nach der Art der Aufnahme der anorganischen Gruppen durch die organischen hin. Gab es nicht zwischen diesen beiden Richtungen einen Zusammenhang, der für den Lebenszyklus in den Biomolekülen maßgebend war? Man muß sich vorstellen, daß dieser Lebenszyklus für jedes Biomolekül, d. h. für jedes lebende Wesen ein anderer ist. Ein fundamentaler Unterschied aber offenbart sich zwischen den Hauptvertretern der verschiedenen Typen von Biomolekülen, den Hyphoiden und den Zooiden. Ich erinnere nur daran, wie der Lebenszyklus bei dem Hyphoid zerfällt in zwei Generationen und bei den Zooiden in drei Lebensstadien. Das hängt mit von der Aufnahme der anorganischen Gruppen ab. Das Hyphoid sollte die ungradwertigen, die Zooide die gradwertigen aufnehmen. Aber hängt es nicht auch mit der Konstitution der beiden Generationen des Hyphoids aus je zwei Bioradikalen in denen Bia-r vorwiegt und einem mit Bia-o, der Konstitution der beiden Zooide aus je zwei Bia-o und einem mit Bia-r ab?

Im Grunde ist diese Annahme noch eine zu einfache. Denn nach dem, was wir bereits gehört haben, stecken in den höher entwickelten Biomolekülen die einfacheren als Bioradikale drin. Da Hyphoid und Zooide bereits den Kokken, den Spalt- und Sproßpilzen gegenüber eine höhere Stufe darstellen, so müssen wir erwarten, diese in ihnen als Bioradikale zu finden. Indessen in bezug auf diese Bindung ist das Verhalten der Bioradikale nicht anders als wie das der Biatome. Es kommt bei derselben, wie wir aus der Chemie wissen, lediglich auf die Wertigkeit an. Im Guanidin, dem Imidoharnstoff z. B., vertritt die zweiwertige NH-Gruppe den O und von den beiden einwertigen NH_2 -Radikalen steht die eine für H, die andere für OH, wenn wir mit Drechsel den Harnstoff als Carbaminsäureamid auffassen. Wir können daher die hier einschlagenden Verhältnisse so gut erörtern, indem

wir von Biatomen wie von Bioradikalen reden. Die Einfachheit legt es nahe, die ersteren zunächst zu erörtern.

Wie gestaltet sich denn überhaupt der Zyklus in einem Biomolekül, das verschiedenartige Biatome enthält? Daß derselbe nicht gleich sei der Summe der Zyklen der einzelnen Bioradikale, haben wir bereits gehört. Wir wissen auch bereits, daß wir einen Unterschied zu machen haben zwischen den zusammenfassenden und den zusammengefaßten Biatomen bei den gleichartigen Biomolekülen. Wie ist es nun bei den ungleichartigen? Was faßt da zusammen? Immer dasjenige, welches ich auch als das führende Biatom bezeichnete, das erste. Und wie faßt es zusammen? Wenn wir ein chemisches Beispiel wollen, durch Substitution. So wie bei dem Glykokoll in die CH_3 -Gruppe die Amidogruppe substituiert ist $\text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{COOH}$ und in diese wieder bei der Hippursäure das Benzoyl $\text{CH}_2 \cdot \text{NH} \cdot (\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO}) \text{COOH}$, so sind in $\text{Bia-}o_1$, $\text{Bia-}r_1$ und $\text{Bia-}o_2$ substituiert. Das muß für jeden Zustand gelten! Wir haben uns bereits mit dem reduzierenden und dem oxydierenden Zweig des Zyklus des Biatoms vertraut gemacht. Das muß jetzt auch für das Biomolekül gelten. In dem einen, wie in dem andern werden in das führende Biatom die andern substituiert sein. Es wird daher der oxydierende und reduzierende Charakter des Zyklus in dem Biomolekül nicht so ausgesprochen sein wie in dem des Biatoms. Steht z. B. für $\text{Bia-}o_1$ der Zyklus in dem oxydierenden Zweig, so ist in $\text{Bia-}o_1$ eingeschaltet $\text{Bia-}r_1$, und dieser steht gleichzeitig im reduzierenden Zweig, und in diesem steckt wieder drin $\text{Bia-}o_2$ im oxydierenden Zweig. Wir werden also schon komplizierte Moleküle haben, wenn wir irgend einen Teil des Zyklus untersuchen. Wie werden nun die Biatome ineinander stecken? Die Mindestforderung ist, daß sie unter Austritt von H_2O sich ineinander ordnen, wie es in unserm Beispiel von der Hippursäure schon die einfachen Verbindungen tun. Wenn so betrachtet, dann entsteht aus $\text{Bia-}o_1$, $\text{Bia-}r_1$, $\text{Bia-}o_2$ ein Bioradikal, was sich wohl verhalten kann wie ein Biatom. Aber das, was innerhalb dieses Bioradikals vor sich geht, ist noch nicht entsprechend dem, was wir über die Aufnahme der anorganischen Gruppen gelernt haben. Wir hörten in bezug auf diese nur von einem Gegensatz zwischen umfassenden und umfaßten, sonst gleichartigen Biatomen. Da konnten die anor-

ganischen Gruppen das einmal ein-, das anderemal austreten. Wenn wir das auf den Fall der Zooide übertragen, so müssen wir uns erinnern, daß das hier entstehende Bioradikal sich so verhalten kann wie ein einfaches Biatom, wenn es eine höhere Verbindung eingeht. Wir erinnern uns weiter, daß wir als einfachsten Fall angenommen haben, daß zwei gleichartige Biatome zu einem Biomolekül zusammentreten. Hier bei den Zooiden hätten wir an Stelle der Biatome Bioradikale. Zwei davon müßten mindestens zusammentreten, um ein Zoon, ein Biomolekül zu bilden. Diese beiden würden sich dann den äußeren Kräften gegenüber verschieden verhalten. In einem Moment wäre das eine das zusammenfassende, das andere das zusammengefaßte. Für das andere würde man wohl besser sagen die anderen, indem man den hypothetisch einfachsten Fall sich ersetzt denkt durch die wirklichen Fälle. In einem andern Zeitmoment würden die Rollen entsprechend dem Spiel der äußeren Kräfte wechseln. Das eine Bioradikal würde, das ist zunächst die Hauptsache, die anorganischen Gruppen in organischer Bindung aufnehmen, das andere würde sie ausscheiden. Alles das würde sich nun zu tragen in einem Lebensstadium der Zooide. Es würde charakterisieren sowohl, was innerhalb der organischen Substanzen des Bioradikals vor sich geht, als auch die Stellung des Biomoleküls zur Außenwelt durch Vermittlung der eingeschlossenen anorganischen Substanzen. Nun hat aber ein solches Zoon drei verschiedene Lebensstadien, was bedeuten diese? Das entstandene Bioradikal muß so gut den Wechsel in seinem Zyklus haben wie die Biatome. Nun haben wir aber in dem Zyklus des Biatoms nur zwei Stadien unterschieden, den oxydierenden und den reduzierenden Zweig, und hier unterscheiden wir drei. Das kommt daher, daß durch die Einschaltung von drei Biatomen in das Bioradikal der Zyklus des Bioradikals komplizierter geworden ist, als der des Biatoms war. Der gesamte Zyklus vom Eiweiß zu den Nukleinen und Kohlenhydraten und Fetten, den wir vorhin schilderten, kann verschieden durchlaufen werden. Es wird z. B. nicht gleich verlaufen, wenn man N-haltige Kohlenhydrate wie das Glykosamin, oder N-haltige Fette wie das Lezithin hat, oder wenn man einfache Fette und einfache Kohlenhydrate hat. Das erstere aber wird der Fall sein, wenn man ein Bioradikal

hat, in dem ein Bia-r eingeschaltet ist in ein Bia-o. Bevor wir uns nun die entsprechenden Bioradikale klarmachen, sehen wir gleich die große Differenz sich auftun zwischen dem Hyphoid und den Zooiden. Das erstere hat zwei Generationen, die letzteren drei Lebensstadien, sagten wir oben. Was bedeutet das?

In dem reduzierenden Teil des Zyklus des entstehenden Bioradikals sind nur zwei, in dem oxydierenden Teil aber sind drei Unterscheidungen möglich. Weiter muß man sich sagen, jedes Biomolekül, sei es das eines Hyphoids oder eines Zooids, durchläuft doch einen vollständigen Zyklus. In jedem muß daher dem reduzierenden Zweig auch der oxydierende gegenüberstehen. Aber dasjenige Biomolekül, welches den reduzierenden Zweig als Lebensvorgang ausbildete, hat nur zwei Variationen, das oder die entgegengesetzten aber drei Variationen oder Lebensstadien. Gehört nun bei den ersteren das eine Lebensstadium dem reduzierenden, das andere dem oxydierenden Zweig an, bei den letzteren zwei dem oxydierenden, eins dem reduzierenden? Wenn man sich diese Frage überlegt, muß man sofort einsehen, daß nicht eine der Generationen des Hyphoids einem Lebensstadium eines Zooids vergleichbar ist. Jede Generation des Hyphoids hat Fortpflanzung und Leben, d. h. sie hat die beiden Zweige des Zyklus, oder jede Generation des Hyphoids ist einer vollständigen Zooide vergleichbar. Nur daß die beiden Generationen untereinander zusammenhängen, macht das Verhältnis verwickelt. Untersucht man nun eine Generation, ob auch an ihr allein drei Lebensstadien zu unterscheiden seien, so findet man das bestätigt. Denn auch das Mycel, die Lufthyphen und die Fortpflanzungsorgane können als drei verschiedene Lebensstadien angesehen werden, ganz entsprechend dem Schwärmer, dem Plasmodium und dem Sporangiumstadium des Myxomyceten. Aber es besteht dazwischen der Unterschied, daß das Hyphoid zwei Stadien dem Wachstum, d. h. dem reduzierenden Teil des Zyklus zuteilt, ein Stadium der Fortpflanzung, d. h. dem oxydierenden Teil. Das Zooid verhält sich gerade umgekehrt. Das bedeutet auch einen chemischen Unterschied der beiden Zyklen. Bei dem Hyphoid verlaufen zwei Stadien bis zur Bildung von Eiweißkörpern. Zwei Stadien sind gewidmet der Aufnahme und der Reduktion von C-haltigen Atomgruppen. Bei dem Zooid

verlaufen zwei Stadien von der Bildung der Eiweißkörper an bis zur Bildung des Fettes, zwei Stadien sind gewidmet der Aufnahme von N- und H-haltigen Atomgruppen und der Oxydation des C. Das muß weiter seinen Unterschied geltend machen in bezug auf die Aufnahme und Ausstoßung der anorganischen Gruppen. In jedem Lebensstadium findet eine Zusammenfassung statt, also in jedem Lebensstadium auch eine Aufnahme und Ausstoßung der anorganischen Gruppen. Je nach dem Zustand der organischen Moleküle wird aber die Form, in der anorganische Gruppen aufgenommen werden, eine andere sein. Nun haben wir bereits gesehen, daß für die Fortpflanzung die anorganischen Moleküle immer in organischer Bindung aufgenommen werden. Die Fortpflanzung aber geschieht bei dem Hyphoid durch den oxydierenden Zweig des Zyklus, durch die Eiweißkörper, bei dem Zooid durch den reduzierenden Zweig, die Fette und Kohlenhydrate. Das muß sich erklären lassen aus der verschiedenen chemischen Natur der anorganischen Gruppen, die diesen verschiedenen Biomolekülen zukommen.

3. Kapitel. Gesamtleben.

Wenn nun diese Symbioten isoliert als Biomoleküle, als Hyphenpilz und als Zoen in der Welt stehen, wie verläuft ihr Leben dann? Die aktive Gruppe, die unter dem Einfluß der äußeren Kräfte im Biatom entstand, wird auch im Biomolekül entstehen, aber wie und wo? An der Oberfläche des Biomoleküls, die den äußeren Kräften ausgesetzt ist. Wenn die Bi-radikale durch die Kombination der in ihnen enthaltenen Biatome kompliziertere Verbindungen als die einzelnen Biatome enthalten, ist es nicht unmöglich, vielleicht sogar wahrscheinlich, in der Oberfläche eines Zooids auch $C=NOH$ anzutreffen. Wir hätten in der Oberfläche eines im Eiweißstadium befindlichen Biatoms Fett, also CH_3 -Gruppen anzutreffen. In dem Zooid sind in das führende Bia-o eingeschaltet das Bia-r, wir müssen neben CH_3 also an der Oberfläche N und O haben. Behalten wir einstweilen diese Bezeichnungsweise bei, obgleich wir schon wissen, daß in Hyphoid und Zooid nicht Biatome, sondern Bio-

radikale eingeschaltet sind. Bia-o soll also bedeuten ein Bioradikal, bei dem die oxydierende, und Bia-r ein solches, bei dem die reduzierende Tätigkeit im Vordergrund steht. Freilich erklärt uns das die Bildung von $C=NOH$ noch nicht, es macht uns nur die Möglichkeit der Anwesenheit einer solchen Verbindung verständlich. Nun hat die Knallsäure die Eigenschaft, nicht bloß gegen alle äußeren Kräfte sehr empfindlich zu sein, sondern auch mit einer Reihe von anorganischen Substanzen Verbindungen einzugehen, die ebenso explosiv oder noch explosiver sind als sie selbst. So ist bekannt das Knallquecksilber, das Knallsilber, das Knallkupfer, das Knallzink, das Knallnatrium. Das Bioradikal nun, welches die Hülle des Biomoleküls Zoon bildet, ist das Zusammenfassende. Es sind die anorganischen Substanzen in organischer Bindung eingetreten, wie wir gesehen haben. Wir treffen in der Hülle Verbindungen der Knallsäure an. Jetzt wirken die äußeren Kräfte. Die Explosion erfolgt an der Stelle, wo sie die Hülle treffen. Keine heftige Explosion, denn es werden nur die minimalsten Quantitäten, wohl nur einzelne Moleküle, an der Stelle vorhanden sein, wo die äußeren Kräfte wirkten. Aber was sich für eine Veränderung vollzogen hat, macht sich doch im Zyklus des Biomoleküls geltend. Vor allem ist bei der Explosion die anorganische Substanz übriggeblieben, und zwar in Verbindung mit O oder einem Stellvertreter desselben. Aus der organischen Bindung in dem zusammenfassenden Bioradikal ist die anorganische Gruppe in die oxydierte anorganische Bindung übergegangen durch die Wirkung der äußeren Kräfte. Jetzt fällt sie dem kolloidalen Zustand anheim, der von den Bioradikalen nur umfaßt wird. Aber sie muß wieder aufgenommen werden durch ein anderes Bioradikal. Denn die Hülle, welche das Biomolekül umgab, ist jetzt teilweise zerstört, und sie muß wieder vervollständigt werden. Ein neues Bioradikal ist nötig, um die Zusammenfassung zu bilden. Wie geschieht die Aufnahme der anorganischen Gruppe in das Bioradikal und damit die Bildung der Knallsäure? Es ist die vereinte Tätigkeit der Biatome dabei notwendig. Wir haben schon gehört, eine Zusammenfassung liegt auch der Fortpflanzung zugrunde. Die Fortpflanzung der Zooide aber entspricht dem reduzierenden Teil des Zyklus der Bia-o und dem oxydierenden der Bia-r. Da die Bia-o die führenden sind, so muß es

wesentlich eine reduzierende sein, die zur Bildung der aktiven Gruppe führt. Da liegt der Gedanke nahe, sich an diejenigen Biomoleküle zu wenden, welche die reduzierende Tätigkeit in ihrem eigentlichen Leben ausüben. Aber diese Biomoleküle, die Hyphenpilze, verhalten sich ganz anders den Kräften der Natur gegenüber. Sie sind nicht reizbar, wie es die Zoen sind. Enthalten, bilden sie die aktive Gruppe überhaupt nicht? Oder bilden sie sie nur für ihre Organe der Fortpflanzung?

Da zeigt sich die Duplizität des Verhältnisses der Zusammenfassung und der Fortpflanzung. Eine Zusammenfassung haben die Hyphoide so gut wie die Zooide. Aber diese Zusammenfassung macht sie nicht reizbar, denn sie ist nicht in demselben Verhältnis zu der Fortpflanzung wie bei den Zooiden, weil sie nicht in demselben Verhältnis steht zu der Aufnahme und Ausscheidung der anorganischen Substanzen. In den Fortpflanzungsorganen der Zooide sind die anorganischen Gruppen in reduzierter Form organisch gebunden, in denen des Hyphoids in oxydierter Form. In oxydierter Form? Haben wir nicht schon gehört, wie das Eisen die anorganische Gruppe bildet in der geschlechtlichen Generation des Hyphoids? Haben wir denn nicht weiter gesehen, wie das Eisen in die Produkte dieser geschlechtlichen Generation, die Askosporen, in organischer Bindung eingeht? Und haben wir denn nicht gesehen, wie es in dieser organischen Bindung als Sauerstoffüberträger wirkt, aus der dreiwertigen Bindung mit dem O in die zweiwertige übergehend, nach Analogie des Ferri- und Ferrozyannatriums oder -kaliums. Jetzt lernen wir etwas Neues dazu? Auch die Knallsäure verbindet sich mit dem Eisen. Das ferroknallsaure Natrium $(C = NO)_6 FeNa_4 + 18 H_2O$ entspricht ganz dem Ferrocyanatium¹⁾. Also diese Substanz, welche der Reizbarkeit zugrunde liegt, geht auch in die Fortpflanzungsorgane über, in Verbindung mit den anorganischen Gruppen. Aber sie bildet mit diesen eine ganz andere Art Verbindung, wo diese Gruppe in oxydierter Form in die Fortpflanzungselemente übergeht, als wo sie das in reduzierter Form tut. Wenn das nun richtig ist für die geschlechtliche Generation des Hyphoids, wie verhält es sich dann da mit der ungeschlechtlichen Generation? Sie bildet die Konidien,

¹⁾ Anschütz, Lehrb. d. org. Chemie, VIII. Aufl., I 253.

wie die geschlechtliche die Askosporen bildet. Sie hat als anorganische Gruppe die $MgNH_4$ -Gruppe, wovon der eine Teil rein anorganisch ist, der andere Teil das NH_4 , bald ein Analogon von Na und K bildet, bald in den organischen Zyklus übergeht. NH_4 und Mg können vereint sein, wie sie es in den Tripelphosphaten sind, und sie können sich auch trennen. Diese Trennung kann mit der Bildung von $C=NOH$ zusammenhängen, wenn der N aus NH_4 zur Bildung der Knallsäure verwendet wird. Es kann sich mit dieser Trennung die Bildung der geschlechtlichen Generation vorbereiten. Denn, während in der ungeschlechtlichen $MgNH_4$ sich die Wage hält mit H_3PO_4 , muß es in der geschlechtlichen zwischen den männlichen und den weiblichen Geschlechtsprodukten eine Differenz geben. Die ungeschlechtliche Generation ist zu Ende, denn zu ihrer Bildung fehlt die Gruppe $MgNH_4$. Aber nach der geschlechtlichen kann sie wieder auftreten, wenn diese Gruppe sich erneuert hat. NH_4 kann sich erneuern aus den organischen Gruppen, aber Mg nicht durch die geschlechtliche Generation hindurch bewahrt werden.

Man muß, um dies zu verstehen, sich zweierlei vor Augen halten. Zunächst den Gegensatz zwischen den stetig wirkenden, äußeren Kräften, welche den Lebenszyklus beeinflussen, und den plötzlich eintretenden Veränderungen derselben, welche die Ursache der Lebensäußerungen sind. Die ersteren beherrschen die Veränderungen des P und des S, wie wir in dem betreffenden Kapitel sahen, und die letzteren sind die Veranlassung zur Explosion der Knallsäure. Beide sind nicht ohne Wirkung aufeinander, und das Bindeglied zwischen beiden sind, wie wir auch schon sahen, die anorganischen Gruppen, die sich zwischen den Biatomen finden. In die Flüssigkeit, die sie enthält, geraten die Explosionsprodukte der Knallsäure, sie werden durch diese verändert, und die Resultate dieser Veränderung gehen wieder auf den P und S im Lebenszyklus über. Wir haben nicht umsonst gesehen bei der Besprechung der Kokken, wie phosphorsaure und schwefelsaure Salze die Entwicklung der einfachsten Lebensformen bedingen. Zum zweiten muß man daran denken, daß, wenn die Lebensformen sich trennen in die zwei Geschlechter, es eine Verbindung geben muß zwischen den beiden. Diese

Brücke kann nur geschlagen werden durch ein Element, welches sowohl geradwertig, wie ungeradwertig ist. In der Verbindung mit dem ungeradwertigen P und dem geradwertigen S findet die Differenz der Geschlechtsprodukte ihren markantesten Ausdruck. So haben wir schon im ersten Band gesehen. Nicht das in seiner Wertigkeit unveränderliche Mg gestattet es, eine solche Brücke zu schlagen, wohl aber das Fe.

II. Abteilung.

Der Wirbeltierorganismus.

I. Unterabteilung. Die Symbiose im Wirbeltier.

I. Kapitel. Um was handelt es sich?

Wir haben den Aufbau der lebenden Wesen von den Bi-
atomen bis zu den Typen der Hyphenpilze und der Zoen verfolgt.
Dieselben erschienen als die Elemente, aus denen sich ein höherer
Typus aufbaut, und sie wurden als die Hyphoide und Zooide be-
zeichnet mit Rücksicht darauf, daß sie in diesem Typus nicht
als selbständige lebende Wesen, als Biomoleküle, sondern als
Bioradikale auftreten. Nun sollen wir diesen Typus aufbauen.
Es entsteht etwas Neues. Die Kombination der verschiedenen
Bioradikale zu einem neuen Biomoleküle bringt neue Eigen-
schaften, neue Erscheinungen wie neue Funktionen hervor. Ich
vergleiche und ich verglich das mit den Beispielen, die uns die
Chemie bringt.

Die Chemie zeigt uns weiter, wie neue und immer neue Kör-
per entstehen, durch die Kombination weniger Stoffe in verschie-
denen Zahlenverhältnissen. Die Essigsäure wird durch eine lange
Reihe von Säuren verbunden mit der Stearinsäure. Alle gehor-
chen der Formel: $C_nH_{2n}O_2$, die nicht bloß die Stoffe, die sie ent-
halten, angibt, sondern auch das Verhältnis, in dem sie sich grup-
pieren. Nur die absolute Zahl ist verschieden, und sie bedingt,
daß jedesmal ein neuer Körper mit neuen Eigenschaften entsteht.
Ebenso wie mit den Säuren ist es aber mit den Kohlenwasser-
stoffen, den Alkoholen, den Aldehyden, den Ketonen usw.

Ich verglich das, was ich bei den lebenden Wesen sah, mit den Beispielen, die die Chemie bot. Denn schon habe ich ja die Biatome zu den Biomolekülen gruppiert und gesehen, wie dabei etwas Neues entsteht. Was ich in dieser Abteilung plane, ist nur eine Fortsetzung. So lehrt uns die Chemie, wie z. B. ein C- und 4 H-Atome zusammentreten zu CH_4 , der Methylgruppe mit neuen Eigenschaften, und wie dann eine Anzahl dieser Methyle zusammentreten zu einer aliphatischen Reihe mit wieder neuen Eigenschaften.

Ich habe dann in der vorigen Abteilung schon besprochen die Art und Weise, wie diese verschiedenen Biatome sich verhalten innerhalb des Biomoleküls. Ich bin dabei zu dem Schluß gekommen, daß jedes Biatom seinen Zyklus durchmacht, weil das zu seinem Wesen gehört, weil es ohne seinen Zyklus nicht ein Biatom sein würde. Das Gesetz des Zusammenhangs der einzelnen Biatome, welches ihnen gestattet, ihren Lebenszyklus durchzumachen, und welches doch aus ihrer Kombination etwas Neues schafft, was sie für sich und in ihrer Summe nicht sind, nannte ich die Symbiose. Um eine solche Symbiose handelt es sich auch, wenn jetzt nicht mehr die Biatome, sondern die Bioradikale zusammentreten zum Wirbeltierorganismus. Dabei aber tritt uns nun etwas entgegen, was wir seither nicht hatten. Das betrifft die mehrwertigen anorganischen Gruppen. Diese gehören nicht dem Biatom, sondern dem Biomolekül an, so lernten wir. Die Oberfläche der lebenden Wesen, das Bioradikal, das sie zusammenfaßt, hat die anorganischen Substanzen organisch gebunden und auf einen Reiz der äußeren Kräfte hin werden sie anorganisch ausgeschieden. Nach der Ausscheidung werden sie nur von den uns gleichwertig erscheinenden Bioradikalen umschlossen, sie erhalten aber noch die Verbindung zwischen beiden aufrecht. So stellten diese anorganischen Substanzen eine neue Art von Verbindung zwischen den Bioradikalen innerhalb des Biomoleküls her. Auf der andern Seite wurden innerhalb der Biatome der oxydierende und reduzierende Zweig durch den P und den S verbunden. Das waren zwei Arten der Verbindung, die unsere Aufgabe über die der Chemie hinaus erhob. Die wechselnden Zustände wurden zu einem Ganzen verknüpft. Soll nun in dem Wirbeltierorganismus dazu noch etwas Neues treten? Es sind ver-

schiedene Bioradikale, die zusammentreten und von denen jedesmal eines die andern umfassen muß. Das wäre demnach eine Aufgabe der anorganischen Substanzen, die Verbindung herzustellen, die Verbindung zwischen Zusammenfassendem und Zusammengefaßtem. Auf der andern Seite vertritt das Hyphoid den reduzierenden, die Zooide den oxydierenden Zweig des Lebenszyklus. Wenn die beiden verbunden werden sollen, so stellen sich die Aufgaben für den P und den S ein. Was ist nun eigentlich gültig? Ist die Verbindung durch die anorganischen Substanzen oder durch den P und S hergestellt? Im ersteren Falle könnten wir uns darauf berufen, daß die Verbindung doch zwischen den Bioradikalen erfolgt, nicht innerhalb des Biatoms. Aber können anorganische Substanzen andere als gleichwertige Bioradikale verbinden? Können diese als Ersatz für P und S dienen? Vielleicht ist beides richtig. Vielleicht erfolgt die Verbindung der verschiedenen Symbioten sowohl durch die anorganischen Substanzen, wie durch P und S. Wenn wir darüber nachdenken, muß sich dann weiter die Frage aufdrängen, verhalten sich Hyphoid und Zooid eigentlich gleich in bezug auf diese Verbindungen? Ist nicht der Umstand, daß die Hyphoide wesentlich der Reduktion, die Zooide der Oxydation dienen, ein Zeichen dafür, daß in ihnen sich P und S anders verhalten müssen? Und wenn das der Fall ist, müssen sich nicht auch Zusammenfassendes und Zusammengefaßtes in Hyphoid und Zooid anders verhalten? Damit aber erwachsen uns neue Aufgaben, die uns der Wirbeltierorganismus aufgibt. Wir müssen den Gegensatz zwischen Zooid und Hyphoid noch besser erfassen, um zu sehen, wie eine Symbiose zwischen diesen beiden sich herstellen könne.

Vielleicht wird uns dies etwas erleichtert, wenn wir uns daran erinnern, daß auch schon Hyphoid und Zooid Zusammenfassungen niederer Lebensformen sind. Auch sie enthalten schon Bioradikale, wie sie selbst wieder die Bioradikale sind, welche den Wirbeltierorganismus bilden. Sie selbst sind etwas Neues, anderes als die in ihnen enthaltenen Radikale der niederen Lebensformen, und so wird auch der Wirbeltierorganismus etwas neues, anderes sein gegenüber seinen Symbioten. Bei der Zusammenfassung zu einem neuen Lebewesen findet innerhalb der Bioradikale, die es bilden, eine Veränderung statt, die ich am ein-

fachsten als eine Verschiebung bezeichnen möchte. Sie betrifft zunächst die Zusammenfassung, das Verhalten gegenüber der Außenwelt, also die aktive Gruppe.

2. Kapitel. Bioradikale des Wirbeltiers.

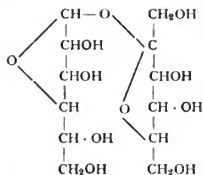
„Die Annahme von Radikalen, die für sich bestehen können und in den Molekülen eine Art Sonderexistenz führen, einen Staat im Staate bilden, ist längst verlassen.“ So sagt Anschütz.¹⁾ Was wollen nun die Bioradikale sagen? Anschütz fährt fort: „Die Strukturformeln sind unitäre Formeln, sie räumen keinem Atom gegenüber einem andern Atom in demselben Molekül eine bevorzugte Stellung ein. Wir nennen Radikale Atomgruppen, besonders kohlenstoffhaltige, die bei vielen Reaktionen nicht verändert werden, sich von einer Verbindung in die andere übertragen lassen. Aber auch die ein-, zwei-, drei- und mehrwertigen Atomkomplexe, die übrigbleiben, wenn man sich aus einem gesättigten Körper Atome oder Atomgruppen beseitigt denkt, werden Radikale genannt. Es führt uns das Methan durch schrittweise Wegnahme von Wasserstoff zu folgenden Radikalen von verschiedener Wertigkeit.

CH_4	CH_3-	$\text{CH}_2=$	$\text{CH}=\text{}$
Methan	Methyl	Methylen	Methenyl od. Methol
gesättigt	einwertiges	zweiwertiges	dreiwertiges Radikal

Die Chemie versteht also zweierlei unter Radikalen, einmal Atomgruppen, die einen gewissen selbständigen Zusammenhang haben, so daß sie bei vielen Reaktionen nicht verändert werden und sich von einer Verbindung in eine andere übertragen lassen; das andere Mal dagegen Reste, die in einem gesättigten Körper übrigbleiben, wenn man sich Atome oder Atomgruppen beseitigt denkt. Besteht zwischen den Dingen, die diesen beiden Arten von Auffassung entsprechen, vielleicht ein innerer Zusammenhang? Gerade durch das Beseitigen von Atomen oder Atomgruppen werden in einem gesättigten Körper die Verwandtschaften frei,

¹⁾ Anschütz, Organ. Chemie VIII A., I 29.

durch die er sich an Verbindungen beteiligen kann. Und nur wenn in dem Rest, der in ihm übriggeblieben ist, die Atome einen inneren Zusammenhalt zeigen, werden sie in der neuen Verbindung noch als solche kenntlich sein. So werden in dem Rohrzucker die Radikale der Dextrose und der Lävulose erkannt. Die Atomgruppen beider besitzen einen inneren Zusammenhalt. Wenn der Rohrzucker gespalten wird, finden sich immer wieder diese Atomgruppen zusammen, und die eine derselben kann auch in andere Verbindungen, z. B. in die Maltose oder die Laktose, übergehen. Sie sind also in dem einen Sinne Radikale. Gleichzeitig aber ist der Rohrzucker um H_2O ärmer als Dextrose und Lävulose zusammen. Was in ihm sich findet, sind nur die Reste der Dextrose und Lävulose, die durch Austritt von H oder HO entstanden sind. Das ist der andere Sinn des Radikals. Sehen wir uns einmal die Konstitution des Rohrzuckers an, wie sie E. Fischer¹⁾ dargestellt hat:



Wir finden da fünfmal die Formel der zweiwertigen Gruppe CHO_H und dreimal die einwertige CH₂OH. Warum sind die beiden verschieden? Die einwertigen Gruppen sind an die Enden gestellt, sie sind nur nach einer Seite hin verbunden, die zweiwertigen Gruppen stehen in der Mitte des Moleküls, sie verbinden sich nach zwei Seiten. Wenn wir das betrachten, sehen wir auch zwei von den andern Gruppen =C—HO haben denselben Ursprung. Sie sind alle Alkoholgruppen, sie repräsentieren alle die Zusammensetzung des ganzen Moleküls der Kohlenhydrate CH₂O, sie sind nur durch ihre Stellung verschieden. Nur zwei der Gruppen, die Aldehyd- und die Ketongruppe, durch den Zusammentritt verändert, verraten noch die Verschiedenheit der

¹⁾ E. Fischer, Berl. Ber. 26. 2405.

beiden in dem Rohrzucker steckenden Radikale der Dextrose und der Lävulose.

Eine solche Duplizität haben wir nun auch in den Bioradikalen. Wir haben sie nur in einem viel vergrößerten Maßstabe. Einerseits suchen wir in dem Wirbeltierorganismus die Symbioten, Radikale der in ihn eingetretenen Biomoleküle, das was ich die Stammmradikale nennen möchte. Aber wir finden sie nicht, so wenig wir im Rohrzucker die Dextrose und die Lävulose finden. Der Rohrzucker reduziert nicht, wie die beiden Komponenten es tun, er hat ein anderes Drehungsvermögen der Polarisationsebene, eine andere Kristallform, einen anderen Schmelzpunkt, einen anderen Geschmack. Durch die Verbindung ist alles anders geworden. Und doch stecken die beiden Stammmradikale in ihm drin, wie wir leicht sehen können, wenn wir sie auseinanderfallen lassen. Diastase oder die Inversion mit Säuren überzeugen uns leicht, wie vollständig wir die beiden Moleküle in dem einen stecken haben, es braucht nur H_2O hinzuzutreten, um beide fertigzumachen. So auch werden wir die Symbioten des Wirbeltierorganismus nur zur Erscheinung bringen, unter Umständen, die einen ganzen oder teilweisen Zerfall des Organismus resp. der die Bioradikale enthaltenden Zellen bedingen. Sie müssen gewissermaßen invertiert werden, sollen die Bioradikale sich vervollständigen. Leichter wird uns die Erkenntnis der andern Radikale in der neuen Gruppierung, die im Wirbeltier eingetreten ist, jener Verschiebung, von der ich im vorigen Kapitel sprach. Es sind die Zellen. Sie sind die erkennbaren Teile des Ganzen. Die mikroskopische Analyse verrät sie, gerade wie die chemische Analyse uns lange schon mit dem Gehalt an C, an H und O und mit der Gruppierung der Alkoholgruppen bekannt machte, bevor man etwas über die Konstitution der Kohlenhydrate wußte. Diese das Ganze repräsentierenden Gruppen gehören in erster Linie doch wieder einem der Symbioten an, gerade wie die Alkoholgruppen des Rohrzuckers entweder solche der Dextrose oder Lävulose sind.

Die Zellen sind nicht gleichartig. Muskelzellen und Drüsenzellen sind so verschieden, und doch sollen sie beide als Bioradikale des Wirbeltierorganismus angesehen werden. Dabei zeigt sich, wie auch die Zellen eine doppelte Stellung haben. Eines-

teils dem Gesamtorganismus gegenüber, den sie zusammensetzen und aufbauen, andernteils dem einen der Symbioten gegenüber, zu dessen Lebenszyklus ihre Funktionen in einer bestimmten Beziehung stehen. Freilich eine Zelle besteht aus mehreren Teilen, Protoplasma, Kern und Plasmosoma. Jeder Teil aber hat wieder seine besondere organische und anorganische Zusammensetzung und damit seine Beziehung zu den einzelnen Symbioten. Aus diesem Aufbau und dem Wechsel, den er zeigt, erklärt sich, wie die Zellen sowohl dem Gesamtorganismus wie den Symbioten folgen können. Das Biomolekül bleibt auch nicht unverändert, es macht einen Zyklus durch. Und die Symbioten müssen einen doppelten Zyklus durchmachen, erstens ihren eigenen und dann den des ganzen Biomoleküls. Die Zyklen all der einzelnen Symbioten müssen so angepaßt sein, daß sie zusammen immer den Zyklus des ganzen Biomoleküls ergeben. Sodann bestehen die Bioradikale in dem einen Sinne nicht bloß aus einer organischen Gruppe wie die Radikale, sondern organische, anorganische Gruppen und Lösungsmittel sind in ihnen vereinigt. Und in dem anderen Sinne bei der Zusammensetzung der Zellen kommen wieder die Gruppen der verschiedenen in Betracht, und alle Symbioten müssen sich zyklisch ändern.

Man muß, wenn man versucht, sich die Bioradikale im Wirbeltier vorzustellen, im Auge behalten, daß man eigentlich in einem drei- oder vierfachen Sinne dieselben anzuschauen hat und daß man ebenso in einem drei- oder vierfachen Sinne von ihnen spricht. Zuerst hat man in dem Hyphoid und Zooid, wie aus der ersten Abteilung erinnerlich, die Bioradikale der Spalt- und Sproßpilze. Indem Hyphoid und Zooid den Wirbeltierorganismus aufbauen, verlieren ihre Elemente nicht diese Eigenschaft als Bioradikale. Sodann aber sind Hyphoid und Zooid, wenn sie zusammentreten, selbst wieder Bioradikale des höheren Organismus. Um das durch ein chemisches Beispiel zu erläutern, wende ich mich nur an den Eingang dieses Kapitels. Dextrose und Lävulose sind die Radikale, die im Rohrzucker stecken. In ihnen selbst aber stecken wieder die Alkoholgruppen, die Aldehyd und Ketongruppen als Radikale. Wir haben gewissermaßen zwischen Radikalen erster und zweiter Ordnung zu unterscheiden.

Nun werden aber Hyphoid und Zooide, indem sie den Wirbel-

tierorganismus aufbauen, umgebildet. An ihrer Stelle entstehen die Zellen, die Bioradikale des neuen Organismus. Das ist der dritte Sinn, indem man von Bioradikalen spricht. In den Zellen drin aber liegen kleinere Gebilde, sei es, daß man sie als Granula sichtbar macht, sei es, daß man sie an den fermentativen Wirkungen erkennt. Diese kleineren Gebilde wären in dem anderen Sinne Bioradikale zweiter Ordnung. Man hätte hier die vierte Anschauung von den Bioradikalen im Wirbeltier. Ich sagte aber vorhin, daß man in einem drei- **oder** vierfachen Sinne von solchen Bioradikalen sprechen könne. Es ist nämlich möglich, daß diese Bioradikale in den Zellen identisch sind mit jenen, die in Hyphoid und Zooiden lagern, das ist eine Frage, mit der wir uns noch zu beschäftigen haben werden. Einstweilen erinnern wir uns, wie ich angenommen habe, daß alle Bioradikale dadurch charakterisiert sind, daß sie ein bestimmtes Stadium im Zyklus des Biatoms im entstehenden und im vergehenden Zustande, verbunden durch eine anorganische Gruppe, repräsentieren.

3. Kapitel. Trophik.

Die Trophik ist eigentlich das, was wir im Wirbeltierorganismus von der Symbiose wahrnehmen. Es existiert ein Gleichgewicht zwischen den einzelnen Symbioten im Organismus, und dieses wird durch die äußeren Kräfte gestört. Das ist nicht bloß eine allgemeine Beschreibung. Es verwirklicht sich ein Vorschreiten der einzelnen Zyklen bei jeder kleinsten Handlung, bei jedem Reflex gegenüber der Außenwelt, wahrscheinlich schon bei jeder Empfindung, sobald sie die Schwelle überschreitet. Alles, was an den Körper heran- und in ihn hineindringt, bedeutet eine Störung seines inneren Gleichgewichts, d. h. den Sieg des einen Symbioten über den anderen. Das Gleichgewicht aber stellt sich wieder her, weil, nachdem der siegreiche Symbiot in seinem Zyklus vorangeschritten ist, von neuem die anderen Symbioten ihren Zyklus wieder geltend machen. Von diesem Gesichtspunkt aus müssen alle Funktionen des Wirbeltierorganismus betrachtet und — verstanden werden. Damit sie aber so sich vollziehen

können, dafür sorgt die Trophik. In den verschiedenen Teilen des Körpers, in verschiedenen Zellen, z. B. in der Epidermis, in Nerven, in Muskeln, im Blut, im Knochen verteilt liegen die Teile eines Symbioten. Jetzt kommt eine äußere Kraft, die diesem Symbioten zum Siege verhilft über die andern und die Erscheinung des Voranschreitens seines Zyklus muß sich von dem Orte an, wo sie ausgelöst wurde, weiterwälzen durch all die Gewebe, wo sich Teile von ihm befinden. In allen diesen Geweben müssen die Stoffe vorhanden sein, die von dem tätigen Symbioten an sich gerissen werden, um in seinem Zyklus voranzuschreiten. Diese Stoffe gehören den andern Symbioten an, und daß sie vorhanden sind, dafür sorgt eben die Trophik. Die Trophik ist nichts anderes als die Symbiose, sie arbeitet an der Herstellung der Nährböden, aus denen der in der Tätigkeit begriffene Symbiot seine Stoffe beziehen kann. Wir müssen unterscheiden zwischen dem letzteren und dem ersteren, ohne zu vergessen, wie die Rollen auch wechseln können. Daher müssen wir wohl unterscheiden zwischen einer speziellen und einer allgemeinen Trophik. Bei der speziellen Trophik sind der aktive und der passive Partner lokal miteinander verbunden. So ist es z. B. im Nerven der Fall zwischen Achsenzylinder und Markscheide. Solange durch den Partner Achsenzylinder die Leitung geht, so lange entzieht er dem andern Partner Markscheide Stoffe. Und solange dieses geschieht, stellt die Markscheide durch die Trophik, d. h. durch den Bezug von Stoffen aus Blut und Lymphe, sich wieder her. Bei der allgemeinen Trophik aber müssen alle Symbioten in dem Zustand erhalten werden, daß sie sich das Gleichgewicht halten. An dieser allgemeinen Trophik wird gearbeitet durch alle Mittel der innern Sekretion. Wenn die Schilddrüse Jodthyrin, die Nebenniere Adrenalin, die Hypophysis einen uns seiner chemischen Natur nach noch unbekanntem Stoff sezernieren, so will das sagen, sie liefern den Nährböden Stoffe, aus denen bei eintretender Aktivität die Symbioten sie beziehen. Dabei sind diese Drüsen selbst Teile von Symbioten, ihre Sekretion ist ein Teil der Zyklen ihrer Symbioten, ein Bilden von Stoffen, mit Hilfe deren dieser durchlaufen wird. Alles ist Symbiot im Organismus, und von dem Beginn der Resorption an ist die ganze Verwertung der aufgenommenen Nahrung ein

Durchlaufen des Zyklus der Symbioten. Daß dies in der richtigen Reihenfolge, in der richtigen Beziehung zu den einwirkenden Kräften der Außenwelt geschieht, das nennen wir Trophik.

Warum aber nun liegen die Teile eines Symbioten so verstreut über den ganzen Organismus, in verschiedenen Zellen und Geweben? Warum muß die Trophik auf den Bahnen, wie ich im ersten Bande sagte, durch den ganzen Organismus reisen, um die Symbiose herzustellen? Was brachte sie dorthin? Das Wachstum. Das Wachstum riß die Symbioten auseinander. Es vereinigte Teile verschiedener Symbioten zu den Zellen und Organen, es schuf den Organismus, die neue Einheit, das neue Biomolekül aus den Teilen der Bioradikale. Aber immer behalten noch die alten Bioradikale einen gewissen Zusammenhalt, das haben wir gesehen. Immer durchlaufen sie ihren Zyklus, und aus deren Sukzession ergibt sich der Gesamtzyklus. Was veranlaßt nun das Wachstum, die Symbioten in dieser Weise in Stücke zu zerreißen und die Stücke in einer neuen Form untereinander zu vereinigen? Einstweilen wissen wir das noch nicht. Es existiert ein gewisser Gegensatz zwischen diesem Auseinanderreißen, das das Wachstum, und dem Vereinigen, das die Trophik besorgt. Im Grunde bedeutet der Widerstand des Organismus gegen die Außenwelt, wie das Durchlaufen der Zyklen den allmählichen Tod. Im Gegensatz dazu steht das Erwachen zum Leben, das Wachstum. Der Biozyklus, wie wir schon sahen, hat eben zwei Seiten, eine Kraftaufspeicherung und eine Kraftentwicklung.

Durch alle Biatome, alle Biomoleküle hindurch verfolgten wir das, so wird es sich auch bei der Symbiose der Symbioten im Wirbeltierorganismus geltend machen. Der Tod des Individuums ist aber nicht das Ende des Zyklus, haben wir auch gelernt. In der neuen Generation findet er seine Fortsetzung. Diese neue Generation wird aber in den geschlechtlichen Individuen nur zum Teil vorbereitet, denn sie enthalten nur eines der beiden zur Fortsetzung des Zyklus notwendigen Geschlechtsprodukte. Dieses Geschlechtsprodukt aber wird gebildet durch alles, was die Zyklen der Symbioten im elterlichen Organismus zu Ende führt, denn es ist der Beginn des neuen Zyklus. Nur aus den alten Zyklen kann sich der neue Zyklus ergeben. Alles, was die Trophik tut, führt daher zur Bildung der Geschlechts-

produkte. Hier setzt etwas ein, was uns besonders interessiert. Wachstum und Trophik sind einander entgegengesetzte Vorgänge. Das Wachstum reißt die Symbioten auseinander und verbindet ihre Stücke zu den Zellen. Die Trophik reißt die Stücke in den Zellen auseinander und verbindet wieder die Symbioten. Wo diese beiden einander entgegengesetzten Prozesse sich begegnen, wo sie gleichzeitig und am gleichen Ort stattfinden, muß es zu Störungen kommen. Diese Störungen aber müssen sich uns veraten als Störungen der Symbiose. In ihnen müssen wir zuerst erkennen, wie eigentlich die Symbioten sich zueinander und zu den Zellen verhalten. Mit andern Worten, trophische Störungen sind Störungen der Symbiose. Bei Gelegenheit der Symbiose in den Fadenpilzen haben wir etwas gelernt über das Verhältnis von Wachstum und Geschlechtsreife. Dort sahen wir, wie die Bildung neuer Zellen eine Reproduktion seiner selbst ist. Bei der Bildung der geschlechtlichen Generation aber handelt es sich um eine Trennung des vorher einheitlichen, sich selbst reproduzierenden Organismus in zwei, einen männlichen und einen weiblichen Teil.

In den männlichen Geschlechtsprodukten war die Phosphorsäure mit den Purinen aufgespeichert, in den weiblichen barg sich die Schwefelsäure mit der Magnesia, die ihren Begleiter, das NH_4 , verloren hatte. So sagte ich bei den Fadenpilzen, den Mikrokokken und in dem Kapitel über die Rolle des P und des S.

Im Grunde drückt die Trophik nichts anderes aus, als was wir schon aus der Gegenüberstellung von Biomolekülen und Biatomen wissen. Ein Biomolekül entsteht aus der Zusammenfügung eines entstehenden mit einem vergehenden Zweig des Zyklus, des Biatoms. Charakteristisch für diese Verbindung ist das Verhältnis zur Außenwelt, und bewirkt wird sie durch die aktive Gruppe.

4. Kapitel. Zyklen im Zyklus.

Die Trophik stellt uns ein Verhältnis der Zyklen dar. Der Organismus wird durch die Kräfte der Außenwelt verändert, der innere Zyklus stellt ihn wieder her. So erscheint das als eine Tätigkeit des Gesamtzyklus. Warum aber gibt es so viele verschiedene Arten von Trophik? Warum gibt es eine Trophik gegenüber Verletzungen und warum gegenüber physiologischen Reaktionen? Warum gibt es eine Trophik der Nerven und eine Trophik der Drüsen? Schon diese Fragen zeigen, daß es sich dabei doch um verschiedene Vorgänge handeln muß. Und diese verschiedenen Vorgänge müssen sich auf den Zyklus des Lebens zurückführen lassen. Zerfällt dieser Zyklus in verschiedene Vorgänge, oder bestehen verschiedene Zyklen? Ein Zyklus hat verschiedene Abschnitte, den oxydierenden und den reduzierenden Zweig. Aber bei der Trophik finden Kraftaufspeicherung und Kraftentwicklung unmittelbar aneinander anschließend statt, beinahe gleichzeitig in demselben Teil des Organismus, sicher gleichzeitig in verschiedenen Teilen. Das kann also nicht herrühren von dem oxydierenden und reduzierenden Teil desselben Zyklus, die ja zeitlich voneinander getrennt sein müssen. Es müssen also verschiedene Zyklen sein, die der Trophik zugrunde liegen. Auf der andern Seite müssen wir erkennen, daß doch ein Zusammenhang existiert. Wenn die äußeren Kräfte eine sehr starke Veränderung bewirken, kann der Tod eintreten, und dann ist es mit aller Trophik zu Ende. Es ist also doch wieder ein Zyklus, der derselben zugrunde liegt. Es ist nicht schwer, die Versöhnung dieses anscheinenden Widerspruchs zu finden, der Gesamtzyklus setzt sich eben aus mehreren Einzelzyklen zusammen. Schwerer schon ist es, in dem einzelnen Falle zu entscheiden, ob man es mit dem Gesamtzyklus oder mit den Einzelzyklen zu tun hat. Der Gesamtzyklus ist nicht gleich der Summe der Einzelzyklen zu setzen. Es ist wieder etwas Besonderes, was keinem der Einzelzyklen entspricht. So hätte denn ein Vorgang eine doppelte, in sich verschiedene Natur, je nachdem er als Teil des Gesamtzyklus oder als Teil eines Einzelzyklus aufzufassen ist. Wir fanden, daß die Teile des Organismus auch als Bioradikale in einem doppelten Sinn

aufzufassen seien. Einmal als Bioradikale des Gesamtorganismus und dann als Bioradikale seiner Symbioten, wie diese letzteren dann wieder selbst Bioradikale des Wirbeltiers sind. Was sich an dem feststehenden Zustand erkennen ließ als Verhältnis der Zusammensetzung, muß an dem veränderlichen, auf den die Trophik hinweist, auf ein Verhältnis der Zyklen zurückzuführen sein. Wie es eine Doppelnatur als Bioradikal gibt, für jeden einzelnen Teil des Gesamtorganismus, so muß auch jede Veränderung, die sich an einem solchen Teil vollzieht, sowohl als ein Teil des Gesamtzyklus, wie als ein Teil eines Einzelzyklus zu erkennen sein, und er muß in der einen, wie in der andern Hinsicht verschiedene Seiten erkennen lassen.

Der Wirbeltierorganismus legt nun seine Teile wie seine Funktionen weit auseinander. Er bildet sie aus, wie wir sagen. So wird er auch ausgebildet haben, welche Teile wesentlich als Bioradikale des Gesamtorganismus, welche wesentlich als solche der Einzelorganismen zu erscheinen haben. Ganz kann sich nichts der Doppelnatur entziehen, aber vorzugsweise kann entweder die eine oder die andere Bedeutung ausgebildet sein. Ich habe angenommen, daß es die Zellen vor allem sind, welche als Bioradikale des Gesamtorganismus erscheinen. Was aber sind dann die Bioradikale der Symbioten? Sind es die Bahnen, welche die Zellen untereinander verbinden? Erstens werden diese Bahnen dazu benutzt, um Stoffe von einem Teil des Gesamtorganismus zum andern zu befördern, und zweitens haben sie eine Zentralisation. Eine Zentralisation meint eine Zusammenfassung. Der Organismus ist zentralisiert, das wissen wir schon aus dem ersten Bande. Aber nicht um eine Zusammenfassung des Gesamtorganismus handelt es sich hier. Jede der drei Bahnen, die den Organismus durchziehen, ist zentralisiert. Die Zerebrospinalnerven haben Gehirn und Rückenmark, die sympathischen Nerven den Grenzstrang, die Blutgefäße das Herz. Was hat nun die Zentralisation dieser einzelnen Bahnen zu tun mit ihrer Bedeutung als Bioradikale der Symbioten? Man muß das zusammennehmen mit dem ersten Teil unserer Behauptung, daß sie auch zum Transport bestimmter Stoffe dienen. In unseren Betrachtungen über den Lebenszyklus des Hyphoids und Zooids haben wir gesehen, daß bei diesen Symbioten die anorganischen Gruppen eine besondere Rolle spielen. Es gibt bei

ihnen einen Gegensatz zwischen dem zusammenfassenden und dem zusammengefaßten Bioradikal. Nur das erstere kann die anorganische Gruppen enthalten, und zwar in organischer Bindung. Wo sie zerfällt, geht die Zusammenfassung an ein anderes Bioradikal über, welche die anorganische Gruppe seinerseits aufgenommen hat. Zusammenfassung aber ist Zentralisation. Die Bahnen befördern fortwährend die anorganischen Gruppen nach dem Zentrum hin, wo sie der Aufnahme durch die zusammenfassenden Bioradikale harren. Deshalb sind die Bahnen den Symbioten angehörig, weil sie diese Stellung zur Zusammenfassung und zu den anorganischen Gruppen haben. Schon im ersten Band nahmen wir an, daß die Nerven gleichzeitig dem Hyphoid und den beiden Zooiden, die Blutgefäße und Lymphgefäße und Lymphspalten den beiden Generationen des Hyphoids angehören sollten. Warum aber, wird man jetzt fragen, findet nicht ein Wechsel zwischen Zentrum und Peripherie in der Zusammenfassung statt? Diese mußte unabhängig von der Lage sein, und im Wirbeltier erscheint das Zentrum in doppeltem Sinne. Erstens funktionell, weil es zusammenfaßt, und zweitens örtlich, weil es im Mittelpunkt des Organismus liegt. Warum bleiben die zusammenfassenden Bioradikale immer im Mittelpunkt?

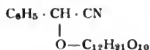
Wir dürfen uns den Aufbau des Wirbeltiers nicht zu einfach vorstellen. Die Bahnen sind nicht einfache, sondern verdoppelte Symbioten. Alle diese Bahnen haben nicht bloß zentripetale, sondern auch zentrifugale Äste. Nicht bloß werden anorganische Gruppen zum zusammenfassenden Bioradikal hingebacht, sondern sie gehen auch von diesem wieder aus. Für die zentrifugalen Bioradikale ist das Zentralorgan Anfang, wie es für die zentripetalen die Peripherie ist. Das Zentrum ist nicht bloß der Ort, in dem die von der Peripherie einlaufenden Veränderungen die Beziehungen der organischen zu den anorganischen Gruppen zerstören, sondern auch der Ort, in dem zu der Peripherie hinziehende Bioradikale die anorganischen Gruppen wieder aufnehmen. Überlegt man sich das, so ergibt sich die Stellung der peripheren Zyklen fast von selbst. In ihnen muß das Umgekehrte stattfinden. In ihnen endigen die zentrifugalen Äste und beginnen die zentripetalen. Sie stellen einen Zusammenhang dar, eine Aufnahme und eine Abgabe anorganischer Gruppen.

Insofern sind sie Teile der Symbioten. Aber sie sind nicht bloß das. Sie haben einen Zusammenhang mit den verschiedenen Bahnen. In ihrer Zusammensetzung aus Protoplasma, Kern und Plasmosoma stellen sie eine Verbindung aller drei Bahnen, also aller Symbioten dar. Eine Verbindung der Symbioten? Das meint etwas, was dem Gesamtorganismus entspricht. Sie sind die Bioradikale des Gesamtorganismus, wie in den Bahnen die Bioradikale der Symbioten stecken. Gegenüber den Symbioten muß sich in ihnen etwas besonders geltend machen, was ich als Verschiebung später auseinander setzen werde. Wenn wir die Sache so betrachten, dann können wir auch die Trophik und das Entstehen der Zyklen im Zyklus begreifen. Eine äußere Kraft wirkt auf die Peripherie des Organismus und zerstört dort eine Zelle, ein Bioradikal des Gesamtorganismus. Von Bioradikal zu Bioradikal pflanzen sich in den drei Bahnen zu den drei Zentren der Symbioten die Folgen der Veränderung fort. In jedem der Symbioten wird die ihm entsprechende Zusammenfassung gestört. Und so geht von jedem Zentrum aus wieder nach der Peripherie der entgegengesetzte Vorgang. An der Peripherie werden die Zyklen der drei Bahnen wieder zusammenwirken, entsprechend dem Gesetz, welches den Zusammenhang der Symbioten reguliert, bis die Zelle wiederhergestellt ist.

Wir müssen dabei bedenken, daß, so gut wie die Zyklen von Hyphoid und Zooiden zusammen den Zyklus des Wirbeltiers bilden, in diesen selbst wieder die Zyklen der Spalt- und Sproßpilze verlaufen, die sie zusammensetzen. Innerhalb der Spalt- und Sproßpilze aber verlaufen wieder die Zyklen der Kokken und in diesen wieder die der Biatome. Aus dieser Mannigfaltigkeit gruppiert der Wirbeltierorganismus seine Zyklen um. Wir merken uns daraus zunächst das, daß er innerhalb der verschiedenen Zyklen doch immer wieder auf das Gemeinschaftliche, den Zyklus der Biatome, zurückgeht.

5. Kapitel. Gemeinschaftlichkeit des Zyklus.

Hat das vorige Kapitel uns auf die Zyklen im Zyklus aufmerksam gemacht, auf das, was die Vorgänge trennt, so müssen wir jetzt das, was sie eint, näher kennen lernen. Was verstehen wir eigentlich unter Gemeinschaftlichkeit der Zyklen? Erinnern wir uns wieder an das Amygdalin. Es besitzt die Konstitution



Durch Kochen mit verdünnten Säuren oder beim Stehen mit Wasser und Emulsin, einem in den bitteren Mandeln enthaltenen Enzym, wird das Amygdalin in Glukose, Bittermandelöl (Benzaldehyd) und Blausäure zerlegt. Kocht man das Amygdalin mit Alkalien, so entsteht unter Ammoniakentwicklung: Amygdalinsäure $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_{13}$, welche beim Kochen mit verdünnten Säuren in Glukose und Mandelsäure zerfällt¹⁾. Der Stickstoff also, der in dem Molekül des Amygdalins enthalten ist, kann dasselbe im Cyanwasserstoff oder im Ammoniak verlassen. Nehmen wir das Amygdalin als ein Molekül an, in dem mehrere Radikale vorhanden sind, so zeigt der Stickstoff eine gewisse Labilität zwischen diesen Radikalen, und die äußeren Umstände entscheiden, welches den Sieg davonträgt. In verdünnten Säuren wird er als Blausäure selbständig, in kochenden Alkalien als Ammoniak. Dies Beispiel diene zur Veranschaulichung dessen, was ich Verschiebung genannt habe.

Im Grunde ist es nicht anders bei den komplizierten Molekülen, wir haben dabei aber nicht bloß stationäre Zustände, sondern Zyklen. Die Symbioten entsprechen den Bioradikalen, die in das Biomolekül-Wirbeltier eintreten. Die Zyklen dieser Bioradikale vollziehen sich auf den Bahnen, die den Organismus durchziehen, Blut-, Lymph- und Nervensystem. Jetzt steht vor uns die andere Seite. Es gibt nicht bloß eine Ordnung in den Radikalen, sagt uns das chemische Beispiel, es gibt auch eine Umgruppierung. Diese Umgruppierung ist charakteristisch für das neu entstandene Molekül. So muß es auch eine

¹⁾ Anschütz, Organ. Chemie, 8. Aufl. II 466.

Umgruppierung der Biatome geben, die charakteristisch ist für das entsprechende Biomolekül. Diese Umgruppierung vollzieht sich in den Zellen, nicht in den Bahnen. Die Zellen sind charakteristisch für das Lebewesen nicht einzeln, aber zusammen. So lehrte uns schon die seitherige Betrachtung. Wir können aus dem Beispiel noch etwas lernen. Das N-Atom, welches bald als Cyan, bald als Ammoniak das Amygdalin verlassen kann, muß **zwischen** diesen beiden Stellungen im Amygdalinmolekül gruppiert sein. Die Umgruppierung bedingt also eine Stellung zwischen den Radikalen. In ähnlicher Weise ist die Stellung der Biatome in den Zellen eine Gruppierung zwischen derjenigen in den Bahnen, also eine Gruppierung zwischen derjenigen in den Symbioten. Ein Biatom in den Zellen kann bald in die eine, bald in die andere Bahn übergehen, bald in den einen, bald in den anderen Symbioten. Die Zelle und ihre Gruppierung muß also Beziehungen haben, zu dem einen wie dem anderen Symbioten, d. h. mit andern Worten, sie muß die Zyklen der Symbioten verbinden. Damit ist das eigentlich Selbstverständliche gesagt. Wenn es eine Verbindung der einzelnen Symbioten zu einem höheren Lebewesen gibt, so muß das auch eine Verbindung ihrer Zyklen sein. Diese Verbindung muß ihren Schauplatz haben. Dieser Schauplatz sind die Zellen. Diese Verbindung ist das eigentlich Charakteristische für das neu entstehende Lebewesen, sie beruht auf einer Umgruppierung der Elemente, der Biatome. So stellen die Zellen eine solche Umgruppierung, eine andere Gruppierung als die der Bahnen dar. Sind sie nun wirklich charakteristisch? Ich sagte oben nicht einzeln, aber zusammen. Einzeln sicher nicht, denn es gibt so verschiedene Zellen. Es gibt verschiedene Zellen, weil vielerlei Verbindungen der Symbioten möglich sind. Jeder Teil einer Zelle bedeutet nur eine Möglichkeit der Verbindung, sie alle zusammen stellen erst die Gesamtheit der Umgruppierungen dar, die in dem Biomolekül stattfindet, oder die Gesamtheit der Verbindungen der Zyklen der einzelnen Symbioten. Was nun bewirkt, daß aus dieser Stellung in den Zellen die Biatome in die Bahnen übergehen? Wieder wenden wir uns an unser chemisches Beispiel. Was bewirkt, daß der N als Cyan oder als Ammoniak das Amygdalin verläßt? Die Bedingungen, unter denen wir das Amygdalin zer-

setzen, ob durch Emulsin oder durch Alkalien. Mit anderen Worten, es sind die äußeren Kräfte. Sie sind es auch, unter deren Einfluß sich das Biomolekül ändert. Sie schlagen an seine Oberfläche, sie zerstören die Zelle, die sie da finden. Deren Biotope gehen nach der Natur dieser Kräfte in die eine oder die andere Bahn über. Damit aber beginnt der eine oder der andere Symbiot in seinem Zyklus der Zentralisation zuzustreben. Aus dem Zentrum geht der zentrifugale Ast der Symbioten wieder heraus und strebt wieder zur Peripherie hin. Was da sich vollzieht, haben wir schon in der Trophik gelernt. Aus der Zwischengruppierung in den Zellen der Oberfläche sind die Biotope übergegangen in die Zyklen der Symbioten. Jetzt haben sie diese durchlaufen und kehren in eine neue Zwischenstellung zurück. Der Organismus hat sich gegenüber den äußeren Kräften erhalten, er hat die für ihn charakteristische Gruppierung in seinen Zellen wieder erlangt. Um das zu können aber müßten seine Symbioten ihren Zyklus durchlaufen, d. h. er ist um dieses Durchlaufen gealtert. Wir haben hier das Widerspiel der inneren und äußeren Kräfte, die Erhaltung gegenüber den letzteren und den Verbrauch der ersteren.

Man darf hierbei nicht vergessen, daß auch die Umgruppierung unter den Radikalen des Organismus eine Gliederung oder vielmehr eine Abstufung bedingt. Zellen, Organe, Organismus, so lautet vielleicht diese Abstufung. Sie entspricht wahrscheinlich der Abstufung, die in den Symbioten des Organismus, den in diesen enthaltenen Bioradikalen und wieder den in den letzteren steckenden Biotopen durchgeführt ist. Sowohl die Gemeinschaftlichkeit wie die Einzelheit hat ihre Gliederung. Alles, was wir aber im Wirbeltierorganismus antreffen, entspricht dieser doppelten Zugehörigkeit, diesem Doppelspiel der Zyklen.

6. Kapitel. Die Symbiose der Symbioten.

Wenn wir uns die Frage vorlegen wie die Symbioten zusammen leben, müssen wir daran denken, daß die Vereinigung des Hypheids und der Zooide zweierlei bedeutet. Auf der einen Seite handelt es sich um eine Symbiose, in welcher sie die Bio-

radikale sind, wie sich daraus ergibt, daß sie ihre Zyklen vollenden müssen und doch wieder an einem gemeinschaftlichen Zyklus teilnehmen. Dies ist nur möglich infolge einer Verschiebung, die in jedem von ihnen vorkommt und die das Produkt der äußeren Kräfte ist. Das erste worauf wir unsere Aufmerksamkeit noch nicht gelenkt haben, ist, daß jeder dieser Symbioten selbst wieder aus Bioradikalen besteht. Was richtig ist für die Rolle, die er selbst als Bioradikal spielt, ist auch richtig für die Bioradikale, aus denen er besteht. Und sind diese Bioradikale Spalt- und Sproßpilze, so bestehen diese selbst wieder aus Bioradikalen, für die das gleiche auch gilt. Alle hinunter bis zu den Biatomen wollen ihren Zyklus durchmachen, und alle diese Einzelzyklen müssen in dem gemeinschaftlichen Zyklus Platz finden.

Die Symbiose der Symbioten macht uns daher mit zwei einander entgegengesetzten Schauspielen bekannt. Das eine führt von dem Symbioten in die Höhe und vereinigt denselben mit den andern Symbioten, bis der Wirbeltierorganismus entsteht. Das andere führt von dem Symbioten abwärts. Es zerstückelt ihn gewissermaßen und entfesselt alle die in ihm enthaltenen Bioradikale, die nun ihrerseits ihren Zyklus beginnen. Dabei werden auch sie wieder zerstückelt und aus ihnen werden noch kleinere Bioradikale frei. So geht es einerseits hinauf zu dem größten, dem Biomolekül, Wirbeltierorganismus, und anderseits hinab zu dem kleinsten Bestandteil, den Biatomen. Alles was wir im Wirbeltierorganismus wahrnehmen ist gleichzeitig Produkt der einen wie der andern Tätigkeit.

Was kann uns angesichts dieser verwirrenden Mannigfaltigkeit als Wegweiser des Geschehens dienen? Zwei Dingen merken wir uns da aus den seitherigen Erfahrungen. Erstens es gilt allgemein der Satz für die Bioradikale, daß in ihnen ein entstehender und ein vergehender Ast des Zyklus des Biatoms vereinigt ist. Das gilt für alle die Zyklen, die sich im Wirbeltierorganismus abspielen und abspielen wollen. Wenn ich vorhin sprach von dem Weg, der von den Symbioten aufwärts, und von dem, der abwärts führt, bei ihrem Aufgehen im Wirbeltierorganismus, so ist das im Grund auch nichts anderes als ein Verwirklichen des entstehenden und des vergehenden Zweiges des Zyklus, das sich

vollzieht. Das zweite aber ist, das gesamte Biomolekül, hat in einem Momente nur eine einzige aktive Gruppe. Diese entsteht durch die plötzliche Veränderung der Kräfte der Umgebung, also von außen her. Sie entsteht durch die Wirkung der äußeren Kräfte auf die Körperoberfläche, also auf die Zusammenfassung der Einzelzyklen zu einem gemeinschaftlichen Zyklus. Sie dient dazu, den entstehenden und den vergehenden Zweig des gemeinschaftlichen Zyklus zusammenzufassen. Sie ist notwendig, damit der gemeinschaftliche Zyklus durchlaufen wird. Bedürfen nun die Einzelzyklen der aktiven Gruppen nicht? Gewiß bedürfen sie derer. Sie stammen alle von Bioradikalen her, und die waren einstmals Biomoleküle, hatten also eine Oberfläche in der Welt, die den äußeren Kräften ausgesetzt war. Wie bekommen die Einzelzyklen die aktive Gruppe? Sie können sie nur von dem gemeinschaftlichen Zyklus bekommen. Ein Teil des Organismus macht den andern aktiv, indem das Ganze sein Leben durchläuft.

Damit kehren wir zu der Frage zurück: „Was bedeutet der Gegensatz zwischen Zellen und Bahnen eigentlich?“ Zellen wie Bahnen sind Produkte dieses doppelten Geschehens. Aber warum sind sie so verschieden? Und warum hat man sie schon im ersten Bande in ihren Formen und ihren Funktionen an verschiedene Symbioten geknüpft. Die Zellen wurden doch betrachtet als Bildungen der Zooide, die Bahnen als solche des Hyphoids. Sie waren es aber doch wieder nicht. In den Zellen steckte der Kern, der bei verschiedenen Gelegenheiten dem Hyphoid zugerechnet wurde, das Plasmosoma, das als Konidium des Hyphoids angesehen wurde. Unter den Bahnen waren es namentlich die Nerven, welche ihre Entstehung den Zellen, also den Zooiden, verdankten. Zellen wie Bahnen haben eben auch diese Doppelexistenz. Sie sind Bioradikale des Gesamtorganismus, also der Verbindung von Hyphoid und Zooiden. Sie haben ein Entstehen und ein Vergehen wie alle Bioradikale, und in diesem machen sich nicht beide Arten von Symbioten in gleicher Weise geltend. Sie haben auch einen Aufbau im Embryo, und ein Erhalten im Erwachsenen, und die Kräfte, die auf sie wirken, sind nicht dieselben. Für ihre Gestaltung hat der Aufbau die größte Wichtigkeit, und wir rechnen sie dem Symbioten zu, der bei ihrem Aufbau die größte Rolle spielt. Das sind für die Zellen die Zooide,

für die Bahnen das Hyphoid. Wo es sich aber um das Vergehen, um die Trophik gegenüber den äußeren Kräften handelt, verhält es sich nicht so. Da macht sich der Gesamtorganismus geltend und verlangt, daß gerade diejenigen Symbioten, welche nicht bei ihrem Aufbau die Hauptrolle spielen, jetzt die Maßgebenden werden. Bald werden wir dann noch kennen lernen, wie in Folge der Verschiebung die verschiedenen Symbioten und die aus ihnen entstehenden Zellen und Bahnen noch eine nähere Verwandtschaft zueinander zeigen.

II. Unterabteilung. Der Aufbau.

I. Kapitel. Befruchtung und Teilung.

Früher sagten wir, von der Befruchtung geht die Zellbildung aus und vollzieht sich durch Teilung. Hier heißt es, durch die Befruchtung werden die verschiedenen Symbioten zusammengefaßt, und ihre Zyklen durchkreuzen sich. Wie reimt sich das zusammen? Im vorigen Abschnitt haben wir gehört, ein Symbiot lebe auf Kosten des anderen. Dann bedeutet ein Zusammenbringen derselben eigentlich eine Infektion, und zwar eine wechselseitige Infektion. Dann bilden die Symbioten zusammen ein neues Biomolekül. Nicht die alten Biomoleküle werden fortgesetzt, es entsteht etwas Neues. Das bedeutet eine wirkliche Befruchtung. So fände beides gleichzeitig statt, eine Infektion und eine Befruchtung. Wenn das Hyphoid gebildet wird, so ist das eine Befruchtung, wenn es auf Kosten der Zooide lebt, so ist das eine Infektion. Aber das Hyphoid selbst, das durch die Befruchtung gebildet wird, übt diese Infektion aus, und so muß man sich zunächst einmal überlegen, wie gehören die beiden zusammen. Die Geschlechtsprodukte Spermatozoon und Ei sind nicht identisch mit den Geschlechtsprodukten des Hyphoids, das haben wir schon im ersten Bande gesehen. Aber sie enthalten

diese doch, das Spermatozoon die männlichen, das Ei die weiblichen. Was enthalten sie außerdem? Die Zooide, und zwar werden die auch auf die beiden verteilt sein, die eine wird vom Ei aus infiziert, die wird im Spermatozoon enthalten, die andere vom Spermatozoon aus, sie wird im Ei enthalten sein. Das Hyphoid steht zwischen ihnen, und es muß beim Zusammentreffen seiner Geschlechtsprodukte erst gebildet werden. In welcher Weise sind nun die Zooide in Spermatozoon und Ei enthalten? Beide sind einander nicht gleich. Das erste ist beweglich, das zweite ruhig. Das erste ist seiner Natur nach wirklich Zooid, das letztere nicht. Bei dem ersteren werden die Nukleole des Hyphoids dem Zooid aufgeladen. Gerade im Gegensatz hierzu hat das Zooid des Eies seine bewegliche Natur verloren. Hier findet das Umgekehrte statt, das Zooid ist zu Gast bei dem Geschlechtsprodukt des Hyphoids. Daher ist es ruhig. Nun treten beide zusammen, indem das Spermatozoon in das Ei eindringt. In doppelter Weise wird vor allem das Hyphoid gebildet. Das einmal durch die Tätigkeit der Zooide zusammen, sie bilden das Hyphoid auf Kosten ihrer organischen Bestandteile. Zum andernmal treten die Geschlechtsprodukte des Hyphoids zusammen und bilden eine neue Generation. Was ist der Unterschied in dem Erfolg? Wo etwas ungeschlechtlich zusammentritt, da bildet es die Grundlage der geschlechtlichen Generation, wo etwas geschlechtlich zusammentritt, die der ungeschlechtlichen. Die eine ist bestimmt, die Scheidewand zwischen den sich teilenden Zellen zu bilden, die andere wirkt auf den Kern. Denn nun beginnt auch dieser teilzunehmen. Es ist der aus dem Eikern entstandene weibliche Vorkern, wie wir wissen, und es ist uns gegenwärtig, wie er mit dem aus dem Spermatozoon zusammengeschmolzenen männlichen Vorkern sich vereinigt und den Mutterkern bildet. Die Zooide treten in bezug auf diese Schicksale in Wettbewerb mit dem Hyphoid. Das Ca-Zooid ist nicht völlig aufgenommen worden bei dem Eindringen in das Ei. Bd. I S. 187 sagt schon, daß es das Ca-Zooid ist, welche dem Spermatozoon beigegeben ist, ebenso wie das Si-Zooid dem Ei. Die Geißel ist nicht in das Ei hineingelangt. Jetzt schmilzt auch der Kern in dem Ei zusammen, und seine Formveränderung wie die Bewegung des männlichen Vorkerns veranlassen es, daß wir es nicht mehr mit dem ersten, sondern mit dem

zweiten Lebensstadium des Ca-Zooids zu tun haben mit dem Plasmodium. In der Eizelle haben wir ebenso das zweite Lebensstadium des Si-Zooids, die Amöbe. Der vereinigte Kern zerfällt in Fäden. Diese Kernfäden sind zunächst die Nukleinzweige, die zu den Zooiden zugehören. Sie entsprechen dem dritten Lebensstadium, das diese jetzt erreichen. Warum sind diese Kernfäden alle um ein Zentrosoma herumgelegt? Dieses Zentrosoma gehört wieder dem Hyphoid an, es stellt das Konidium von dessen ungeschlechtlicher Generation dar. Mit ihm müssen die Kernfäden auch einen Austausch haben. Aber stellt das Zentrosoma bloß ein Konidium dar? Muß nicht, wie die Trophik lehrte, es auch eine Doppelnatur haben, eine Doppelnatur wie die übrigen Zellbestandteile auch, wie sie den Produkten der Symbiose überhaupt zukommt, eine Zwischenstellung wie ich sagte. Wie aber in der Ruhe bei dem Kern die Hyphoidnatur, bei der Teilung die Zooidnatur zum Ausdruck kommt, so wird es auch bei dem Zentrosoma sein. Wenn die Kernfäden als Nukleinzweige der Zooide immer versammelt sind, wenn die mit ihm Austausch pflegen, dann wird das Zentrosoma auch den Zooiden zugehören. Es tut zu dieser Zeit etwas, was auch mit der Konidiumnatur nicht stimmt: es spaltet sich. Die Vereinigung mit dem Mittelstück des Spermatozoen war der Anfang der Befruchtungsvorgänge, jetzt folgt die Spaltung. Nach der Spaltung des Zentrosoma beginnt sich die Längsspaltung der Kernfäden zu vollziehen. Wir haben eine Ahnung, was sie bedeutet. In dem Nukleinzweig des zweiwertigen Zooids trennen sich die Glykosine und zerfallen in die Glyoxaline. Sofort aber regeneriert sich das Purin. Denn jetzt beginnen sich die Glyoxaline mit den Pyrimidinen zu verbinden. Aus den Zooiden stellt sich das Hyphoid wieder her. An Stelle der Nukleine des zwei- und des einwertigen Zyklus gibt es wieder ein einheitliches Nukleïn. Das gespaltene Zentrosoma wandert an seinen neuen Platz. Die regenerierten Kernfäden wandern ihm nach und ordnen sich um es als Tochterkern, das Protoplasma ordnet sich um die beiden Zentra, die Scheidewand bildet sich aus. Noch sind die Teile Zooide, noch ist ihre Beweglichkeit maßgebend, aber mit der Ausbildung der Scheidewand vollzieht sich der Umschwung. Denn in ihr hat sich das Hyphoid

gebildet. Und jetzt macht dieses Hyphoid seine Wirksamkeit gegenüber den neuen Zellen geltend. Das Zentrosoma wird wieder zum Konidium, denn seine Hyphoidnatur überwiegt, der Kern wird wieder zum männlichen, das Protoplasma zum weiblichen Geschlechtsprodukt. Überall schlummern darin die Zooiden, bereit, auf irgendeine Einwirkung hin, wieder das Übergewicht zu erlangen und an Stelle der Ruhe des Hyphoids ihre Bewegung zu setzen. Das Hyphoid selbst hat sowohl seine ungeschlechtliche wie seine geschlechtliche Generation bei der Befruchtung ausgebildet, und so sehen wir, wie sowohl Plasmosoma wie Kern und Protoplasma zu der Scheidewand in die entsprechenden Beziehungen treten.

Aber kommt bei dieser Darstellung nicht vieles zu kurz? Man hat vorhin davon gesprochen, daß die Befruchtung eine Doppelnatur habe, die einer Infektion und einer Neubildung. Eine Infektion, das meint, daß jedes der zusammenkommenden Symbioten sich auf Kosten der andern zu vervollständigen sucht. Das Spermatozoon auf Kosten des Eies oder, wie ich jetzt auseinandersetze, das Ca-Zooid auf Kosten des Si-Zooids und die beiden Zooide auf Kosten des Hyphoids. Indem so ein Symbiot auf den andern einwirkt, eröffnet er denselben. Das Spermatozoon löst den Zusammenhang der Teile des Eies gegeneinander auf, wie wir es direkt sehen, und das bedeutet nach der Auseinandersetzung, wie die Bildung von Spermatozoon und Ei zerstört wird. Jeder Symbiot isoliert sich und er wird durch die anderen wieder angegriffen. Das führt dazu, daß die in ihm enthaltenen Bioradikale frei werden und nun ihrerseits ihren Zyklus zu vollenden suchen. Der Symbiot vergeht, aber er vergeht nur so, wie er ist. Zwei weitere Erscheinungen treten auf. Was vergeht, ist ein Lebensstadium der Symbioten. An seiner Stelle muß sich das nächste Lebensstadium bilden. Das kann sich aber nur bilden mit Hilfe der andern Symbioten. Denn alle Symbioten sind so vereint zu einem Organismus. Dieser Organismus muß sich bilden, von ihm ist der Symbiot ein Teil gerade, wie die in ihm enthaltenen Bioradikale von ihm selbst ein Teil sind. Das ist die Neubildung, die die Folge der Befruchtung ist. Die Symbioten kommen durch sie in einem bestimmten Lebensstadium zusammen. Wollen

sie aus diesem Lebensstadium zu einem weiteren sich entwickeln, so kann das nur geschehen, indem sie sich zunächst zu dem Gesamtorganismus vereinigen. Auf der anderen Seite entreißt jeder Symbiot dem andern, was er selbst braucht, und zerstört dadurch den andern Symbioten. Jeder ist Opfernder und Opfer. Dadurch werden die in den Symbioten enthaltenen Bioradikale frei und eilen in ihrem Zyklus weiter. Indem dies geschieht, bereiten sie das neue Lebensstadium des Symbioten vor. Sie werden den einzelnen Symbioten entnommen, sie mischen sich zusammen, und ihre Mischung bildet den Organismus. Das ist die Infektion, das Vergehen des Symbioten. Das, was nun entsteht nach der Befruchtung bei der Teilung, die Zellen und die Scheidewände, sind ein Produkt dieser doppelten Tätigkeit. Auf der einen Seite repräsentieren sie die Entmischung der alten Symbioten als Produkt der Wirkung derselben aufeinander. Auf der andern Seite repräsentieren sie die neue Mischung, die aus diesen Bioradikalen in dem Wirbeltierorganismus hergestellt wird und die die Vorbereitung für das Erklimmen eines neuen Lebensstadiums seitens des Symbioten ist.

2. Kapitel. Keimblätter.

Wir nehmen es als erwiesen an, daß es drei fundamental verschiedene Arten von Zellen gibt. Wodurch unterscheiden sich dieselben? Wir haben einmal den Unterschied in ihrer späteren Benutzung und Entwicklung, also den Unterschied gegenüber der Außenwelt, das andere Mal haben wir den Unterschied bezüglich ihrer Abstammung, d. h. bezüglich ihrer Entstehung und Bildung. Das sind die inneren Kräfte, welche diese verursachen. Zwischen beiden stehen die verschiedenen Arten von Zellen. Wie verhalten sie sich zu den Symbioten? Im allgemeinen haben wir angenommen, die Zellen sind der Schauplatz der Verbindung der Bahnen, der Umgruppierung zwischen den verschiedenen Symbioten. Aber wie verhalten sich die drei Arten von Zellen? Die des äußeren Keimblattes empfangen die Wirkungen der Außenwelt und stehen in Verbindung mit den zere-

brospinalen Nerven. Sie führen zu einem Zentrum hin als die Hyphen des Askogons des Hyphoids. Das Mycel zu diesen Hyphen läge also in den Zellen des äußeren Keimblatts in dem Teil, der der Außenwelt am meisten zugekehrt ist. Dieser Teil verhornt aber. Gerade deshalb, wo die an Kraft geringsten Wirkungen der Außenwelt aufgenommen werden, in den Sinnesorganen, die auch Abkömmlinge des äußeren Keimblattes sind, haben wir in die verhornenden Außengliedern der Sinneszellen die Aufnahme der äußeren Kräfte zu verlegen. Hier in dem Protoplasma also der Zellen des äußeren Keimblattes findet sich das Mycel der Hyphen der Askogone.

Der Anfang der Pollinodien ist in das innere Keimblatt zu verlegen. Die Notwendigkeit dazu findet ihre Rechtfertigung noch weiter darin, daß der Sympathikus, wie aus seinem Kernreichtum, seinem Verhalten gegen Säure hervorgeht, dem nukleïn- und phosphorsäurehaltigen Pollinodium des Hyphoids entspricht. Der Sympathikus aber, wie die Beobachtung lehrt, entspringt tatsächlich im inneren Keimblatt. In den Zellen des inneren Keimblattes hätten wir also die Mycelien für das, was den Luft-hyphen des Pollinodiums entspräche. In welchem Teil dieser Zellen liegen die Mycelien? Der Sympathikus soll der Vertreter der Hyphen des Pollinodiums sein, und als solcher braucht er namentlich Nukleïne. Man wird daher das Mycel des Sympathikus nicht in das Protoplasma, sondern in die Kerne der Zellen des inneren Keimblattes verlegen.

Aber sind nicht beide Annahmen sehr willkürlich, sowohl die, daß man den Sympathikus von den Epithelzellen des inneren Keimblattes ausgehen läßt, wie die, daß man ihn dem Pollinodium des Hyphoids gleichsetzt?

Was die erstere betrifft, so muß man sich zunächst an den Plexus myentericus erinnern, der uns die Anwesenheit des Sympathikus in der Muscularis des Darmrohrs verrät. Wo sollte er herkommen? Man muß, wenn man sich irgend eine allgemeine Vorstellung machen will, wie der Sympathikus Erregungen aufnimmt und Bewegungen veranlaßt, doch anknüpfen an das, was man von den Zerebrospinalnerven weiß. So gut wie jene von den Zellen des äußeren Keimblattes ausgehen und die Bewegungen auf die quergestreiften Muskeln übertragen, so gut

müssen die sympathischen Nerven von den Zellen des inneren Keimblattes ausgehen und die Bewegungen auf die glatten Muskeln übertragen. Man kann dann noch den Unterschied in Frage ziehen, warum die zerebrospinalen Nerven von dem Protoplasma der Epithelzellen, die sympathischen von dem Kern ausgehen sollen. Aber man braucht bloß die histologische Beschaffenheit der beiden Arten von Nerven in Betracht zu ziehen, um diesen Unterschied einzusehen. In den Zerebrospinalnerven hat man das Neurokeratin, das mit dem Keratin in den Protoplasmen der Epidermiszellen übereinstimmt, in dem Sympathikus die Nukleoline, die mit den Kernen der Zellen des inneren Keimblattes übereinstimmen. Im äußeren Keimblatt verschwinden die Kerne, indem die Zellen verhornen, im inneren Keimblatt verschwinden die Protoplasmen, indem die Zellen verschleimen.

Man kann sich denn weiter überlegen, was es bedeute, daß man den Sympathikus den Hyphen des Pollinodiums und diesem selbst vergleiche. Wenn man überhaupt ein Hyphoid zum Aufbau des Wirbeltierorganismus verwendet, und wenn man die Ansicht vertritt, daß die einfacheren Lebewesen sich in den komplizierten wiederholen, wird man die Geschlechtsorgane desselben, also Pollinodium und Askogon, nicht abschließen können. Von den Bahnen des Organismus sind die Blutgefäße bereits für die Askohyphen in Anspruch genommen. Es bleiben also nur die Nerven für das Pollinodium und das Askogon. Die Zerebrospinalnerven aber haben nach ihrer chemischen Beschaffenheit mehr Beziehung zum Askogon, der Sympathikus mehr zum Pollinodium. Daher die Einteilung, man wird aber doch unter dem Eindruck bleiben, daß Sympathikus wie Zerebrospinalnerven sehr entfernt von dem Verhalten der Hyphen von Askogon und Pollinodium bleiben. Das hat seinen Grund wesentlich darin, daß man im Wirbeltierorganismus nicht einen Hyphenpilz, sondern ein Hyphoid hat, daß dieses Hyphoid nicht einfach, sondern mehrfach vorhanden ist und daß Teile verschiedenen Hyphoide an dem Aufbau der Nerven teilnehmen.

Mit diesem Verhältnis der Nerven wäre der erste Unterschied zwischen den Keimblättern gegeben. Die einen Zellen sind der Ursprung für die weiblichen, die andern für die männlichen Geschlechtsorgane des Hyphoids, die einen im Protoplasma,

die anderen im Kern. Nun kommt die Beziehung zu den Blutgefäßen, d. h. zu den Askohyphen des Hyphoids. Ihre Bildung ist eine Folge der Wirkung des Pollinodiums auf das Askogon, so haben wir bei den Fadenpilzen gelernt. Wir wissen ferner, es gibt ein doppeltes System von Askohyphen, ein zentrifugales und zentripetales, die durch das Herz verbunden sind. In ihm, dem Herzen, liegt das Ende des einen, der Ursprung des anderen Systems von Askohyphen. Zum Herzen zu müssen diejenigen Askohyphen führen, welche alle die Zellen des Organismus mit Nahrung versehen, also die Venen, die von der inneren Körperoberfläche herkommen. Und diese Askohyphen müssen verbunden sein mit demjenigen Teil der Zellen des inneren Keimblattes, welche die Nahrungsbestandteile aufnehmen, also dem Protoplasma. Im Gegensatz dazu müssen die Zellen des äußeren Keimblattes vom Herzen aus ernährt werden. Die Arterien also müssen verbunden sein mit dem Protoplasma der Zellen des äußeren Keimblattes. Nun sind aber beiderlei Arten von Zellen verbunden sowohl mit Arterien, wie mit Venen. Im inneren Keimblatt sehen wir leicht ein, wenn das Material, das von der inneren Oberfläche stammt, aus dem Protoplasma in die Venen abfließt, so braucht der Kern eine Ernährung. Es muß auch für das Pollinodium als Mycel dienen. Diese Ernährung aber findet es durch die Arterien. Im äußeren Keimblatt dagegen ist das Protoplasma verbunden mit den Arterien, die es ernähren und das Material liefern für das Mycel des Askogons. Der Kern muß es also sein, der verbunden ist mit den Venen. So ginge es, in bezug auf die Askohyphen, gerade umgekehrt mit den Zellen der beiden Keimblätter. Aber wir sind noch nicht fertig mit den Beziehungen dieser Zellen zum Hyphoid. Es kommt noch die ungeschlechtliche Generation. Diese steckt im Bindegewebe, wie wir im ersten Band erfahren, und sie trägt ihre Konidien in den Plasmosomen. Jede der Epithelzellen, sowohl die des inneren, wie die des äußeren Keimblattes in ihrer untersten Reihe sitzen auf Bindegewebe auf, und das Bindegewebe streckt sein Konidium in sie hinein. Aber dieses Plasmosoma verhält sich in beiden nicht gleich. Im inneren Keimblatt wird es zur Spore für das Mycel des Sympathikus, also für den Kern, im äußeren Keimblatt für das des Askogons, also für das Protoplasma. Aber

nun muß es doch auch eine Verbindung von Arterie und Vene geben unterhalb der Zelle im Bindegewebe, genauer gesagt, von arteriellen und venösen Kapillaren. Wenn im innern Keimblatt die Arterie mit dem Kern, die Vene mit dem Protoplasma verbunden ist, im äußeren Keimblatt umgekehrt, so gilt das doch nur für den osmotischen Strom, der zwischen Zelle und Gefäß verkehrt. Tatsächlich ist die Gefäßwand geschlossen, wie die Zelle geschlossen ist. Das Mittelstück, welches sich zwischen Arterie und Vene einschleibt, aber, muß von der Zelle gebildet sein. Es sind zwei Askohyphensysteme, die hier peripher verbunden werden, zwei Askohyphensysteme, die schon zentral verbunden sind, im Herzen. Hier werden sie zum zweitenmal verbunden, und so wird der geschlossene Kreislauf hergestellt. Was bewirkt die Verbindung, die sich an der Peripherie, wie im Zentrum vollzieht, aber in so verschiedener Weise? Die beiden peripheren Verbindungen im inneren und im äußeren Keimblatt sind nicht die gleichen. Das eine Mal geht die Verbindung vom Kern zum Protoplasma, das andere Mal vom Protoplasma zum Kerne der Epithelzelle, d. h. das Verbindungsstück wird bei der einen Epithelzelle in der einen Richtung, bei der andern in der anderen Richtung hergestellt. Und diese Richtung ist offenbar nicht ohne Einfluß auf die Sprossung des Konidiums, das das eine Mal zur Hervorbringung des Askogons, das andere Mal zu der des Pollinodiums führt.

Wir haben diese Verbindung der Bahnen in den Zellen lokalisiert. Jetzt tritt uns dies in zwei Klassen der Zellen, denen der inneren und der äußeren Keimblätter, entgegen. Wir haben dann weiter angenommen, in den Zellen sind die Zooide lokalisiert, während in den Bahnen das Hyphoid sich findet. Jetzt haben wir alle Bahnen, die das Hyphoid von und zu diesen Zellen bildet, erörtert. Wir haben sie verschieden gefunden und sind zu dem Schluß gekommen, diese Verschiedenheit ist eine Ursache der Verschiedenheit der Zellen. Aber ist sie die einzige Ursache? Das kann sie nicht sein, denn es muß in den Zellen noch etwas Anderes stecken, welches die Ursache bildet, daß die verschiedenen Verbindungen sich herstellen können. Was das aber ist, wissen wir auch schon. Es sind die verschiedenen Zooide, die in den verschiedenen Zellen stecken. Im äußeren Keimblatt

steckt das Si-Zooid, im inneren Keimblatt das Ca-Zooid. Das eine bewirkt, daß das Askogon sproßt auf seinem Körper, das andere, das Pollinodium. Beide bewirken die Art von Umgruppierung der zuführenden Bahnen, welche zur Zurückführung in den Organismus führt. Beide tun dies unter dem Einfluß der äußeren Kräfte. Wir erinnern uns an das Beispiel des Amygdalins. Wie es verschieden zersetzt wurde unter dem Einfluß verschiedener äußerer Kräfte, so auch die Symbioten des Organismus. An der äußeren und inneren Körperoberfläche wirken verschiedene äußere Kräfte, aber es sind auch die ihnen entgegengesetzten inneren Kräfte verschieden. Dort haben wir das Si-, hier das Ca-Zooid in verschiedener Verbindung mit dem Hyphoid. Kann man die Zellen des mittleren Keimblattes auf gleiche Weise erklären? Es würde da erst Klarheit fallen auf die andere Verbindung der Askohyphensysteme, die im Zentrum. Im mittleren Keimblatt stoßen wir auf etwas Neues, auf die Interzellulärsubstanz. Wir tun daher besser daran, unsere Untersuchung über die Zellen des mittleren Keimblattes zu verschieben, bis wir etwas mehr über das Bindegewebe überhaupt wissen.

Eher bedarf, zunächst nach einer anderen Richtung hin, unsere Untersuchung der Ergänzung, nämlich nach der Abstammung des inneren und äußeren Keimblattes. Wir haben uns nur die Vorstellung entwickelt, daß die verschiedenen primitiven Keimblätter sich durch Teilung trennen. Es ist indessen noch ein anderer Vorgang, der daran Anteil hat, die Gastrulabildung. Wir erinnern uns aus dem ersten Band, wie in dem befruchteten Ei sich der Gegensatz zwischen animale und vegetativem Pol geltend machte und wie die Blastula an dem letzteren eingestülpt und so zur Gastrula wurde. Ein gewisser Gegensatz machte sich da im Verhalten geltend. Der animale Pol war leichter und kehrte sich deshalb nach oben. Der vegetative Pol war für die Stöße der in Wasser gelösten Moleküle und für diese selbst undurchgängig und wurde deshalb eingedrückt. Beides war auf Fett zurückzuführen, und doch verhielten sich die beiden Pole gerade in bezug hierauf verschieden. Jetzt wissen wir, daß dieser Widerspruch nur ein scheinbarer war. Der animale Pol entwickelte das Fett als Lösungsmittel, der vegetative Pol als Hülle. Jener war reicher an Fett, und doch konnte das Wasser

in ihn eindringen, dieser war arm an Fett und schloß doch das Wasser aus. An jenem waren die Biatome im Nukleinstadium, an diesem im Eiweißstadium, an jenem im reduzierenden, an diesem im oxydierenden Zweig. Wir haben weiter in dem letzten Kapitel gesehen, wie die Erscheinungen der Karyokinese verbunden sind mit der Überführung der anorganischen Gruppe aus der organischen in die anorganische Bindung. Jetzt verstehen wir, wie hier das Si, dort das Ca bei der Teilung sich anorganisch ausbreiten mußte. Sowohl die organischen, wie die anorganischen Atomgruppen müssen in den am animalen und am vegetativen Pol entstehenden Bioradikalen verschieden ausfallen.

Wir können uns noch einmal die Keimblätter und die Symbioten gegenübergestellt denken. Auf der Seite des Keimblattes haben wir eine Verschiedenheit, die derjenigen auf der andern Seite bei den Symbioten entspricht. Wir haben die beiden primitiven Keimblätter und die beiden Zooide, das mittlere Keimblatt und das Hyphoid. Es hieße nur wiederholen, wollten wir noch einmal betonen, wie die Entstehung der Keimblätter der Aufspaltung der Geschlechtsprodukte in die Symbioten entspricht. Wir verstehen auch, wie eine solche Aufspaltung möglich ist, wenn wir uns erinnern, daß das männliche Geschlechtsprodukt des Organismus der Vereinigung des männlichen Geschlechtsproduktes des Hyphoids mit dem Ca-Zooid, das weibliche Geschlechtsprodukt des Organismus der Vereinigung von dem des Hyphoids mit dem Si-Zooid die Entstehung verdanke. Wir erinnern uns weiter, daß auf die Befruchtung die Teilung erfolgt, und daß es dabei zu einer Wirkung der beiden Geschlechtsprodukte des Organismus aufeinander gekommen ist. Jedes derselben ist zerlegt worden; die beiden Geschlechtsprodukte des Hyphoids, indem sie aufeinander wirkten, nachdem sie frei waren, haben die Scheidewand gebildet. Diese Scheidewand aber wird zum Entwicklungsplatz für das mittlere Keimblatt. Rechts und links davon entstehen, von dem Si- und dem Ca-Zooid, die gleichfalls frei geworden sind, ausgehend, das äußere und das innere Keimblatt. Wir begreifen weiter, wie die äußeren Kräfte die Veranlassung zu dieser Gruppierung sind. Außen und innen muß sich der Organismus nach Art der Zooide verteidigen.

Außen und innen aber ist die Natur dieser Verteidigung nicht gleich, es kommen verschiedene Löslichkeits-, verschiedene osmotische Verhältnisse in Betracht, und die Natur der Zooide ist verschieden. Zwischen beiden Zoiden, geschützt durch diese, muß sich das Hyphoid entwickeln. Die von ihm veranlaßten Reduktionen müssen den Oxydationen, welche die Grundlage der Kraftentwicklung der Zooide bilden, das Gleichgewicht halten.

Haben wir so jedes der Keimblätter einem Symbioten zugewiesen und darin eine Erklärung für ihre Verschiedenheit gefunden, so müssen wir jetzt die andere Seite betrachten. Alle Keimblätter enthalten Zellen. Zellen aber sind Bioradikale des Gesamtorganismus. Der Gesamtorganismus aber entsteht aus einer Symbiose der Symbioten. Dann würde also keine Zelle einem Symbioten angehören, sondern alle müßten allen angehören. Warum aber sind die Zellen so verschieden, warum sind sie entsprechend den Keimblättern verschieden? Darin liegt gerade die Doppelstellung der Zellen begründet. Die Zellen sind Teile des Gesamtorganismus, und sie sind Teile eines Keimblattes. Bald wiegt in ihnen das eine, bald das andere vor, darauf beruht ihre Verschiedenheit.

Was aber sind solche Zellen mit Bezug auf die Symbioten? Sie verdanken ihre Entstehung der Aufschließung der Symbioten bei der Befruchtung. Sie sind entstanden aus den Bioradikalen, die so freigeworden sind und deren Umgruppierung unter dem Einfluß des entstehenden Organismus, wie der vergehenden Symbioten stattgefunden hat.

Damit aber kommen wir zu der dritten Beziehung, die die Entstehung der Keimblätter wachruft. Alle sind doch untereinander verbunden. Entspricht diese Verbindung derjenigen der Symbioten zum Gesamtorganismus? Es ist so und doch auch wieder nicht so. Jedes Keimblatt entspricht einem Symbioten und besteht doch wieder aus Zellen, die Bioradikale des Gesamtorganismus sind. Die Zelle steht in einem Zusammenhang mit anderen Zellen, und das Keimblatt steht in einem Zusammenhang mit andern Keimblättern. Die beiden entsprechen einander nicht. Was soll man z. B. dazu sagen, daß der Zusammenhang zwischen Epidermis und quergestreifter Muskel nur so interpretiert werden kann, daß hier zwei Hälften eines Cytozoons momentan

vereinigt werden. Einige Zellen des äußeren Keimblattes bilden mit einigen Zellen des mittleren Keimblattes das erste Lebensstadium des Si-Zooids. Auf der andern Seite ist aber doch wieder das ganze äußere Keimblatt oder wenigstens die eine Hälfte desselben ein solches erstes Lebensstadium. Die einzelnen Zellen müssen also gegenüber dem Gesamtorganismus eine andere Rolle spielen als die ganzen Keimblätter. Die Verbindungen der verschiedenen Keimblätter aber gehen von einzelnen Zellen aus und endigen in einzelnen Zellen. Diese Verbindungen also müssen einen doppelten Sinn haben.

3. Kapitel. Zelle.

Was ist eigentlich eine Zelle? Ich habe damit begonnen, aus einanderzusetzen, was sie *nicht ist*, wofür man sie aber fälschlich gehalten hat, nämlich die Einheit des Organismus. In den letzten Kapiteln namentlich, in den letzten Abschnitten hat sich dagegen mehr und mehr aufgedrängt, was sie *ist*, nämlich die Einheit in dem Kampfe des Organismus gegen die Außenwelt. Ist das denn nicht am Ende dasselbe? Ist der Kampf gegen die Zelle als Einheit nicht am Ende umsonst geführt? Nun ein anatomisch so greifbares Element wie die Zelle, ein Element, welches sich überall wiederholt, würde sich doch nicht durch irgendwelche Druckbogen, durch irgendwelche Argumente in seiner Wichtigkeit beeinträchtigen lassen. Im Gegenteil gerade dadurch, daß man besser einsieht, was die Zelle nicht ist, sieht man besser ein, was sie ist.

Die Zelle ist nicht die Einheit des Organismus, weil sie nicht die Einheit des Lebens ist. Die ist sie nicht, weil sie kein Zyklus ist. Sie macht auch keinen Zyklus durch, sondern in ihr liegt nur das, was sich im Zyklus entwickelt. Deshalb ist sie der Keim, wie ich früher sagte. Sie ist ferner das Medium, durch das der Organismus seine Kräfte entwickelt. Sie ist also sein Apparat. Wie verhält sie sich aber zu den Symbioten, die das Leben bilden? Schon früher habe ich in der Beziehung die Zellen und die Symbioten verglichen, indem ich als *tertium compa-*

rationis das Molekül eines Kohlenhydrates heranzog. Die Zellen verhalten sich, sagte ich da, wie die CHO_H-Gruppen in dem Kohlenhydrat. Sie geben die Textur des ganzen Moleküls wieder, und sie sind insofern die richtigen Teile des Ganzen. Aber es fehlt ihnen gerade das, was das ganze Molekül in seinen Umwandlungen charakterisiert, das, was, wenn das Kohlenhydratmolekül ein Biomolekül wäre, die Umwandlungen einleiten würde, die Aldehyd- oder die Ketongruppe. Sie ist dasjenige, was der Symbiot, der das fortschreitende Leben darstellt, enthalten müßte.

Jede Zelle besteht aus Teilen verschiedener und in ihren chemischen Wirkungen entgegengesetzter Symbioten. Deshalb ist sie kein Symbiot, weil sie aus mehreren besteht und nur aus Teilen. Deshalb ist sie ein richtiger Teil des Gesamtorganismus, denn in diesem fordert die Trophik denselben Gegensatz zwischen den Symbioten. Deshalb ist sie nicht ein richtiger Teil des Gesamtorganismus, wenigstens nicht seine Einheit, weil in dem Gesamtorganismus alle verschiedenen Teile der Symbioten miteinander stecken, in der Zelle aber stecken nur bestimmte einzelne Teile. Sie kann zum Apparat für den Organismus werden, wenn sie unter dem Einfluß der auf sie wirkenden Kräfte einzelne Symbiotenteile ausbildet, sie kann zum Keim werden, solange sie noch undifferenziert ist und in sich die Fortpflanzungselemente der Symbioten enthält.

Es ist auch eine Aufgabe der Zellen, das Wachstum zu vermitteln, so gut wie es ihre Aufgabe ist, die Ernährung zu vermitteln. Das Wachstum ist eine Vergrößerung, eine Herstellung eines Teils, der dem schon vorhandenen ähnlich ist. Das Wachstum ist eine Reproduktion, die Zelle reproduziert sich, wie auch die Vermehrung ihrer Zahl bei dem Wachstum anzeigt. Daher ist das Wachstum auch eine Fortpflanzung, und die Zelle hat beide Funktionen nebeneinander, die der Fortpflanzung und die der Ernährung. Sie kann das, weil sie einander entgegengesetzte Symbioten in sich vereinigt. Das Schwanken zwischen diesen Symbioten entspricht der Beantwortung der äußeren Kräfte aber dieses Schwanken ist nur möglich, indem die Symbioten ihren Zyklus durchlaufen, und das führt entweder zum Wachstum oder zur Bildung von Fortpflanzungselementen. Ich möchte nicht, daß man hier weitergehe, ohne sich deutlich eingepreßt

zu haben das Bild von der Zelle, in der die einander entgegengesetzten Symbioten vereinigt liegen, bereit, auf irgend ein Anpochen der Außenwelt hin ihren Zyklus fortzusetzen. Die Zelle des Wirbeltierorganismus ist kompliziert. Eine ganze Anzahl von Symbioten sind in ihr vereinigt. Sie wächst durch Teilung. Wenn die Symbioten in ihr schwanken, dann setzt sich durch den ganzen Organismus der Zyklus, der angeregt worden ist, fort und schließlich gleicht sich die Welle wieder aus, indem aus einer Zelle zwei gebildet werden. Was aber hat es für eine Bedeutung, daß jetzt an Stelle eines Zentrums des Gleichgewichtes deren zwei existieren. Die zweite Zelle reproduziert die erste. Aber inwiefern sind damit die Zyklen weiter fortgeschritten, daß jetzt zwei an Stelle von einer existieren.

Nehmen wir an, die erste Teilung habe eben zur Entstehung der Mutterzelle des äußeren Keimblattes am animalen und der des inneren Keimblattes am vegetativen Pol geführt. Wir wissen, die beiden sind verschieden in bezug auf die inneren und auf die äußeren Kräfte. Neue Zellen, neue Bahnen müssen entstehen, um immer neue Störungen des Gleichgewichtes zu begegnen. Neue Zellen müssen neue Umgruppierungen, neue Scheidewände müssen neue Zyklen bewirken. Eine Reihe praktischer Vorstellungen lösen sich damit aus dem Dunkel schon los. Die entstehenden Zellen müssen Protoplasma, Kern und Plasmosoma haben, denn das wird bedingt durch die Verbindung der Zooide und des Hyphoids, die in ihnen stattfindet. Die Verbindung mit den Askohyphen mit den Lufthyphen, mit der ungeschlechtlichen Generation bedingt eine solche Gliederung. Die Zelle umgibt sich mit einer Wand, um die in ihr enthaltenen Zooide abzuschließen. Diese Wand muß einen verschiedenen Charakter haben, je nach dem Teil des Hyphoids, der sich mit der Zelle in Verbindung setzt. Wird dieser Teil zum Nerven, zum Blutgefäß, zur Lymphbindegewebsspalte, so muß sich die Zelle verschieden dagegen abschließen. Die Art der Abschließung aber wird, so wissen wir schon aus dem ersten Band, bestimmt durch die Entstehung der Scheidewände bei den Teilungen. Wir wären dann jetzt noch versucht zu fragen, warum ist eine Zelle so und so groß? Noch sind wir nicht genügend gerüstet, um diese Frage zu beantworten. Wir können einstweilen nur folgendes sagen.

Die Größe der Zelle hängt ab von der Ausscheidung der kolloidalen Substanzen. Die anorganischen Gruppen werden bei der Teilung in anorganische Bindung übergeführt und scheiden sich aus. Sie sind charakteristisch für die Zellen. Charakteristisch ist aber auch die Umfassung dieser Gruppen und ihre organische Aufnahme. Charakteristisch ist auch die Umgruppierung und der Übergang, der in den Zellen von einer Bahn des Hyphoids in die andere durch die Zooide hindurch geschehen kann.

Gerade das ist das Eigentümliche an der Zelle, daß sie in dieser Weise zur Ausübung einer besonderen Fähigkeit dienen kann und, diese Eigentümlichkeit hängt an der Größe der anorganischen Gruppen, die ihren Teilen zugrunde liegt.

4. Kapitel. Bindegewebe.

Mannigfach sind die Schicksale, welche die Substanzen des mittleren Keimblattes oder die Bindegewebssubstanzen durchmachen. Zuerst sehen wir bei den ersten Teilungen die Scheidewände gebildet. Später treten die Coelomeinstülpungen auf. Dann haben wir das embryonale Bindegewebe. Endlich das erwachsene Bindegewebe mit seinem Gegensatz von Zellen und Interzellulärsubstanz. Lassen wir die von da an absteigende Seite der Veränderungen einmal beiseite und fragen uns, wie das eigentlich zustande kommt. Es findet gerade unsere Anschauung in dieser langsamen und zerstückelten Art ihre Erklärung. Wir behaupteten, im Sinne der Symbiotentheorie, die Scheidewände seien der Ort der Entwicklung des Hyphoids. Ein hyaliner Stoff wird niedergelegt zwischen den Zellen. Den als Hyphoid zu bezeichnen, ist doch rein willkürlich. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß der Gang der Entwicklung des Embryos doch ein ganz anderer ist als der der Ausbildung der Symbioten. Von der Zelle geht diese Entwicklung aus. Und die Zelle enthält die Umgruppierung der Symbioten. Bei der Teilung wird aus dieser Umgruppierung etwas ausgeschieden. Es trennt sich eine anorganische Gruppe aus der organischen Bindung. Es

wird etwas geleistet im Sinn der Symbioten. Und dieses Etwas wird niedergelegt in der Scheidewand. Das ist der Anfang der Trennung von Hyphoid und Zooid, der in der Entwicklung stattfindet. Von den drei primitiven Scheidewänden nahmen wir an, daß zwei davon den Nerven, eine dem Blutgefäßsystem entsprechen. Zwei davon entsprechen den Lufthyphen, eine den Askohyphen der geschlechtlichen Generation des Hyphoids, würde ich jetzt sagen. Nun bezeichne ich das Bindegewebe als die ungeschlechtliche Generation des Hyphoids. Wo ist Platz für das Bindegewebe in den Scheidewänden? Das Bindegewebe umdrängt die Blutgefäße und die Nerven, die ungeschlechtliche Generation hat keinen anderen Ort der Verbreitung als die geschlechtliche. Wie findet aus diesen strukturlosen Scheidewänden heraus die Weiterentwicklung statt. Da ist das Coelom und seine Einstülpung, welches sich herstellt, nachdem die Gastrula sich gebildet und die Scheidewände eine gewisse Anzahl erreicht haben. Das Coelom bildet die Organe des mittleren Keimblattes mit Hilfe der Mesenchymzellen, Zellen, die sich aus den Epithelzellen ablösen. Als wir die Keimblätter besprachen, sagten wir uns, daß das Mittelstück zwischen Arterie und Vene gebildet werden müsse von etwas, das sich von der Epithelzelle ablöse. Als wir uns mit der Herkunft der Lymphzelle beschäftigten (im I. Bd. S. 174 u. a.), sahen wir, wie sowohl im äußeren wie im inneren Keimblatt Zellen sich ablösen von den Epithelzellen und hineinwanderten in das Bindegewebe. Ich erinnere nur an die Befunde von Kodis¹⁾ und die Wirkung der Wechselströme.

Als wir endlich von dem Aufbau der lebenden Wesen sprachen, lernten wir, daß die Zooide drei Lebensstadien haben, und daß das zweite Stadium für die Myxomyzeten aus einem Plasmodium, für die Cytozoe aus einer Amöbe besteht. In den Epithelzellen stecken die Zooide, aus ihnen gehen heraus Gebilde, bewegliche Gebilde zu den Blutgefäßen, was sollen das anderes als Zellen sein? Und wenn es Zellen sind, wem sollen sie sonst ihre Entstehung verdanken als dem zweiten Lebensstadium des Zooids, das in den Epithelzellen aus den ersten Lebensstadien geboren wurden unter dem Einfluß der Kräfte der Außenwelt. Die ersten Lebensstadien verbleiben

¹⁾ Kodis, Th., Epithel und Wanderzelle in der Haut des Froschlarvenschwanzes. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Abt. 1889, Leipzig.

in den Epithelzellen, wenn diese den gleichen Charakter behalten soll, die zweiten Lebensstadien verlassen die Epithelzellen, wenn diese ihren Charakter nicht ändern soll. Wenn aber dies die zweiten Lebensstadien sind, die aus den Epithelzellen zu den Gefäßen übergehen, um diese zu schließen, warum sollen diese zweiten Lebensstadien nicht identisch sein mit den Mesenchymzellen? Die Mesenchymzellen tun dasselbe, sie verlassen die Epithelzellen und bilden die Blutgefäße. Es gibt zwei Zooide, also auch zwei verschiedene Arten von Mesenchymzellen. Aber wie können diese Zooide das Hyphoid bilden. Sicher nicht für sich allein, sicher nicht ohne Hilfe der anorganischen Gruppen, die für das Hyphoid charakteristisch sind. Diese anorganischen Gruppen aber sind bereits in den Scheidewänden niedergelegt. Dort finden die Zooide sie, dort müssen sie sich hinbegeben, daher die Einstülpung und die Anlage im Innern zwischen den primitiven Keimblättern. Als Zooide haben die Mesenchymzellen auch wieder anorganische Gruppen, die von denen des Hyphoids verschieden sind. Was bedeuten diese? Da erinnern wir uns, daß, als wir mit der Entstehung der Verbindung zwischen Arterien und Vene im Epithel uns beschäftigten, der Gedanke auftauchte, es müsse auch einen entgegengesetzten Vorgang geben. So wie an der Peripherie zentrifugales und zentripetales Ende des Askohyphen verbunden werden, so gut müssen sich im Zentrum, im Herzen zentripetales und zentrifugales Ende verbinden.

Welche Epithelzellen liefern hierzu die Verbindungsstücke? Sie müssen anderer Natur sein, denn diese Verbindung ist anders. Sie müssen zu dem Zentrum in einer Beziehung stehen wie die seither betrachteten zur Peripherie. Jetzt legen wir uns nur die Frage vor, kann uns dieser doppelte Vorgang erklären, was mit den anorganischen Substanzen der Zooide eigentlich wird? Im Zentrum wird nach der einen Richtung vertauscht, in der Peripherie nach der entgegengesetzten, erklärt das etwas? Wir sehen gleich ein, daß es das Schicksal der anorganischen Substanzen nicht erklärt. Denn die anorganischen Gruppen, die für das Hyphoid gebraucht werden, sind $MgNH_4$ und Fe, diejenigen, die für die Zooide gebraucht werden, Ca und Si. Wenn die zweiten Lebensstadien der Zooide sich mit den Grundsubstanzen des Hyphoids

vereinigen, so müssen sie ihre eigenen anorganischen Gruppen loswerden und sich dementsprechend ändern. Sie vollziehen den zweiten Akt der Bildung der Symbioten aus den Zellen heraus, indem sie die Askohyphen zu zwei verbundenen Systemen vervollständigen. Zugleich aber legen sie den dritten Akt in dieser Bildung an, indem sie die Grundlage für die ungeschlechtliche Generation des Hyphoids legen. Bis hierhin waren alle Bildungen zelliger Natur. Aus der Umgruppierung, die in den Zellen enthalten war, arbeiten sich die Symbioten heraus. Das sichtbare Beispiel, wie das geschieht, ist für uns das Auftreten einer Substanz, die nicht mehr in Zellen enthalten ist, der Interzellulärsubstanz. Ursprünglich war, wie wir aus den Darlegungen von M. Schulze¹⁾ wissen, auch die Interzellulärsubstanz in den Zellen enthalten, aber sie wurde von diesen ausgestoßen, sezerniert. Sie gliederten sich dann in den Räumen, in denen sie sich befand, zu Fibrillen, diese Fibrillen wuchsen zusammen, das fibrilläre Bindegewebe entstand. Damit war die ungeschlechtliche Generation des Hyphoids gebildet.

Haben denn nun die Mesenchymzellen diese Ausstoßung der Interzellulärsubstanz bewirkt? Wo wir die zweiten Lebensstadien der Zooide beobachten können, sehen wir sie das tun. Sie entladen sich von einem Teil der Substanzen, die sie tragen, und sie wandeln sich um in endotheloide Zellen. Als solche sehen wir sie entweder Anteil nehmen an der Bildung der Blutgefäße, ich erwähne hier als Beispiel die Milz, oder an der der Lymphgefäße, in den fixen Bindegewebszellen, welche die Fibrillenbündel umhüllen. Sind diese Zellen von der Herkunft, die wir ihnen zuschreiben, stammen sie von den Zooïden, dann müssen sie zweierlei los werden, wenn sie Bestandteile des Hyphoids werden wollen. Erstens organisches Material, aus dem eine Interzellulärsubstanz entsteht, die zur Grundlage der ungeschlechtlichen Generation des Hyphoids wird. Zweitens werden sie die anorganischen Gruppen, nämlich die des Ca und des Si, los, die zur Grundlage des Knorpel- und Knochenskeletts in Verbindung mit den ersteren dienen. So sehen wir, sich los-

¹⁾ L. Rauvier, Technisches Lehrbuch der Histologie. Übers. v. Nicati u. H. v. Wyss, S. 380.

ringend aus der Zelle allmählich den Organismus, mit seinem Verhältnis der Zellen und Bahnen, der Zooide und des Hyphoids.

Noch aber haben wir hier von einem Bestandteile nicht gesprochen, der gewöhnlich dem Bindegewebe zugerechnet wird, nämlich dem Lymphgewebe. Vor allem sind es die Anfänge der Lymphgefäße, die Lymphspalten, die innerhalb des Bindegewebes liegen. Zu was sollen wir sie eigentlich rechnen, zu der ungeschlechtlichen Generation des Hyphoids, zum Bindegewebe oder zur geschlechtlichen, dann also zu den Askohyphen? Sie bilden in der Tat den Übergang. Wie sie den Anfang der Askohyphen darstellen, können wir uns leicht veranschaulichen. Wir brauchen nur einerseits die Fortsetzung der Lymphgefäße durch den Ductus thoracicus in die Venen in Betracht zu ziehen. Andererseits liegt ihr Ursprung doch begründet in dem Überschuß an Ernährungsmaterial, welches von den Blutgefäßen hin zu den Epithelien dringt, und in den Stoffen, die dieselben selbst bilden. Die Lymphspalten stehen also zwischen den Epithelien und den Blutgefäßen. Sie sind die allererste Entstehung der Askohyphen aus den Umgruppierungen der Symbioten in den Epithelzellen. An ihnen wird uns deutlich, wie auch die Askohyphen nicht einem einzigen Hyphoid ihre Entstehung verdanken können. Dasselbe, was wir schon bei den Nerven sahen, tritt uns auch bei den Blutgefäßen gegenüber. Gleichzeitig aber lernen wir, wie die geschlechtliche Generation des Hyphoids bei diesen allerersten Anfängen des Askohyphen angewiesen ist auf die Hilfe des Bindegewebes, also der ungeschlechtlichen Generation. Die verschiedenen Symbioten müssen sich also bei der Bildung der Teile des Organismus ergänzen.

Hierbei muß die Rolle des Hyphoids eine etwas andere sein als die der beiden Zooide. Schon der Name primitive Keimblätter deutet darauf hin, wie die den Zooiden entsprechenden Keimblätter früher auftreten, wie dasjenige, welches dem Hyphoid seine Entstehung verdankt, das dritte. Die Bildung der Scheidewand, in welche ich es seiner ursprünglichen Anlage nach verlegte, lehrt, wie es von den Mutterzellen der primitiven Keimblätter ausgebildet wird. In diese Scheidewand wandern nach und nach die Mesenchymzellen ein, die selbst wieder von den primitiven Keimblättern herkommen. Das Hyphoid wird bei der Entwicklung

von den Zooiden ausgebildet, so lehrt uns die Betrachtung. Aber anderseits gehen doch wieder die Geschlechtsprodukte des Organismus von den Geschlechtsprodukten des Hyphoids aus. Zwischen der ursprünglichen Bildung und der Reifung der geschlechtlichen Generation des Hyphoids liegt die ganze Entwicklung, das Wachstum des Wirbeltierorganismus. Wir erinnern uns an die Ausbildung der Organe und des Bindegewebes, von der wir eben sprachen. Wir erinnern uns, daß die Entwicklung des Hyphoids beginnt mit der Bildung des Blutes, d. h. der Bildung der Ascosporen. Das ist der Moment, wie wir aus der Geschichte des Hyphenpilzes wissen, wo die Beziehung zwischen Pollinodium und Ascogon stattgefunden hat. Von den Ascosporen aus entwickelt sich die ungeschlechtliche Generation mit den Konidien und von diesen wieder die geschlechtliche.

5. Kapitel. Knorpel und Knochen.

Im vorigen Kapitel haben wir angenommen, daß die anorganischen Gruppen des Ca und Si sich ohne weiteres trennen von den zweiten Lebensstadien der Zooide, wenn diese an das Hyphoid übergehen. Aber das muß doch auch seine bestimmende Ursache haben. Wir haben früher die Verschiedenheit der anorganischen Gruppen bei den Hyphoiden und Zooiden von der Verschiedenheit der Wertigkeit abgeleitet. Diese Wertigkeit kann erschüttert werden nur durch die entsprechenden Kräfte der Außenwelt, durch Vermittlung der aktiven Gruppe. Entweder wird, wie wir schon sahen, in den Epithelzellen der Oberfläche diese aktive Gruppe direkt abgegrenzt, oder sie gelangt durch Wanderung von einem Ort zum andern. Eine der gradwertigen anorganischen Gruppen muß frei werden, wenn die aktive Gruppe von den organischen Atomen abgesprengt wird. Zuerst sind es die Si-Gruppen, welche von den Zooiden frei werden, wenn man nicht vielleicht sagen muß, daß die organischen Gruppen von ihnen frei werden. Dann, wandeln sich die organischen Gruppen in Hyphoidgruppen um, und dann nehmen sie, so verändert, die anorganische Gruppe

wieder auf. Es ist ein Knorpelskelett, das sich zunächst bildet. Die äußere Körperoberfläche ist zunächst den äußeren Kräften ausgesetzt. Sie enthält das Si-Zooid. Aus ihr wird durch Bildung der aktiven Gruppe das Si freigemacht, und indem es wieder aufgenommen wird, bildet sich der hyaline Knorpel. In seiner Grundsubstanz liegt das Si wahrscheinlich in einer noch nicht ganz klaren Verbindung mit der Chondroitinschwefelsäure. Das Knochenskelett steht zunächst zurück, denn das Ca-Zooid steckt in den Zellen des inneren Keimblattes. Es wird erst frei, wenn dieses den äußeren Kräften ausgesetzt ist. Das geschieht mit der Ernährung, deren Schauplatz das innere Keimblatt ist. Dann pochen hier die Kräfte an, es wird die aktive Gruppe gebildet, es wird hier Ca frei. Dann werden die zweiten Lebensstadien das Ca-Zooid verwendet, um das Hyphoid zu bilden, und dann wird das Ca wieder aufgenommen, um Knochen zu bilden. Dort lagert er als Tricalcumphosphat in der Grundsubstanz, wie das Si in der des Knorpels. Interessant aber ist es, wie das Ca, das Si, wie der Knochen den Knorpel verdrängt. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wird man sagen. Gewiß, die sind auch im Spiel. Aber in erster Linie handelt es sich doch darum, daß die Symbioten immer völliger ausgebildet werden. Zuerst wurden die Zellen der beiden primitiven Keimblätter, die Ca- und Si-Zooiden, getrennt und die Stoffe für das Hyphoid in die Scheidewände niedergelegt. Die äußeren Kräfte begannen auf animalen und vegetabilen Pol verschieden einzuwirken. Jetzt bildete sich die geschlechtliche Generation des Hyphoids mit den Askohyphen, und gleichzeitig begann die ungeschlechtliche mit dem Bindegewebe. Die zweiten Lebensstadien der Zooide, namentlich des Si-Zooids, welche den äußeren Kräften mehr ausgesetzt sind, beginnen die Bildung des Skeletts, indem von den Teilen des Hyphoids die anorganischen Gruppen der Zooide aufgenommen werden. Jetzt beginnt der Wettkampf der Zooide unter dem Einfluß der Ernährung vom inneren Keimblatt aus. Der Knochen tritt an Stelle des Knorpels. Aber das kann nur geschehen durch Vermittlung des Hyphoids. Nicht direkt wirken die Zooide aufeinander. Es tauchen die Gefäße an den Verknöcherungspunkten in den Knorpel ein, und das ist der Beginn der Umwandlung in Knochen. Gefäße, das sind die Askohyphen. Wie kommen sie dazu, in den seither

gefäßlosen Knorpel einzudringen? Der Organismus hat unterdessen auch seine Nerven ausgebildet, die Lufthyphen des Hyphoids, wie wir vorhin sagten. Askogon und Pollinodium bestehen jetzt, und von der inneren und äußeren Oberfläche zu dem einen wie dem anderen drängen Stoffe. Die Folge ist die Bildung neuer Askosporen und neuer Askohyphen. Noch mehr Material bedarf es, wenn das Doppelsystem der Askohyphen vollständig werden soll. Das liegt jetzt nicht mehr unter den Epithelien. Das liegt innerhalb der ungeschlechtlichen Generation, da, wo die Derivate des Si- und des Ca-Zooide zusammenstoßen, an der Grenze von Knorpel und Knochen. Dahin dringen die Gefäße, um es sich zu holen und sich damit zu vervollständigen.

6. Kapitel. Muskeln.

Muskeln sind eigentlich Zooidhälften, die in den Fortpflanzungsorganen des Hyphoids stecken. Im Grunde sind sie Teile dieser Fortpflanzungsorgane, denn als Zooidhälften sind sie nicht vollständig entwickelt. Und doch sind sie diese Teile auch wieder nicht, denn als Zooidhälften sind sie doch vollständig entwickelt. Die Muskeln führen ein doppeltes Leben, je nachdem sie tätig oder ruhend sind. Tätig erscheinen sie als Zooide; da erscheinen sie durch die Nerven verbunden mit den Epithelien, in denen die andere Hälfte des Zooids steckt. Momentan ist der Symbiot zu vollem Leben erwacht, B. I. S 164, es durchzuckt eine Welle des Lebens die ganze Bahn, eben das Leben des Zooids. Und dieses Leben offenbart sich, sobald äußere Kräfte die Oberfläche des Organismus berühren. Indessen eine solche Doppelnatur der Muskeln offenbart sich auch in ihrer Bildung. Wenn man nun weiter die beiden Hälften der Zooide vergleicht, die bei der Tätigkeit zusammenkommen, so sieht man, die eine Hälfte ist primär. Sie entspricht der ursprünglichen Befruchtung, der Anlage des Organismus. Die andere Hälfte ist sekundär. Sie entspringt der Befruchtung, die sich im Zentralnervensystem vollzog, und sie

ist eine Vorbereitung für die Bildung der Geschlechtsprodukte. Es werden also eigentlich bei der Reizung zwei ungleiche Hälften miteinander verbunden, zwei Hälften, die ganz verschiedenen Bildungsstadien entspringen. Daher kann diese Verbindung auch keine dauernde sein. Sie kann es in doppeltem Sinne nicht. Erstens ist diese Hälfte in dem Muskel in ganz anderem Sinne angeordnet wie die in den Epithelien. Molekular ist es gleich hier wie dort, aber in der Zusammenordnung haben wir hier das mittlere, dort das äußere Keimblatt, hier das Hyphoid, dort das Zooid. Und zeitlich muß die Zooidwelle, die durch den Muskel hindurchgeht, immer wieder ausgeglichen werden durch eine Hyphoidwelle, wie es die Trophik erfordert. So vergessen wir denn nicht, daß wir es im Muskel zu tun haben mit einem Teil der Fortpflanzungsorgane des Hyphoids, auf denen die geschlechtliche Generation des Hyphoids wurzelt. Diese Fortpflanzungsorgane aber sind bestimmt, als Ersatz der Hälften der Zooide zu dienen, welche an das Hyphoid abgegeben wurden. Erinnern wir uns, um das zu verstehen, an die vorigen Kapitel. Die zweiten Lebensstadien der Zooide entweichen aus den Epithelzellen, begeben sich in das mittlere Keimblatt und dienen dazu, um die Verbindung der beiden Askohyphensysteme im Zentrum und an der Peripherie herzustellen. Das Bindegewebe entsteht als ungeschlechtliche Generation des Hyphoids, wenn die embryonalen Bildungszellen sich aus Lebensstadien der Zooide in Teile des Hyphoids umwandeln. Dabei bleibt es nun nicht. Diese ungeschlechtliche Generation des Hyphoids bildet auch Konidien, Fortpflanzungsorgane. Wir haben zwar schon angenommen, diese Konidien stecken in den Epithelien als Plasmosomen. Aber diese Plasmosomen rühren her von dem lockeren Bindegewebe, das unter den Epithelzellen liegt. Es gibt auch straffes Bindegewebe, das der Sehnen. In ihnen entwickelt sich der Muskel, zu Bindegewebe kehrt er zurück, wenn er nicht tätig ist wie der Muskelknochen und die Degenerationen lehren. Dieses straffe Bindegewebe liefert also die Konidien, die zur Entwicklung des Muskels gehören. Es liefert noch etwas, das Sarkolemm. Was bedeutet das? Es ist nur bei den Skelettmuskeln vorhanden, bei denen, die der Willkür unterliegen und von dem zerebrspinalen Nerven aus innerviert werden. Es muß also in einer

genetischen Beziehung zum Si-Zoid stehen, die von den Epithelzellen her durch die Nerven mit den Muskeln in Verbindung steht. Es ist das erste Lebensstadium derselben, welches in den Epithelzellen steckt.

Es ist der Inhalt des Sarkolemm's, das Muskelplasma, welches auf eine Reizung der Epithelzellen hin eine Bewegung ausführt. Es kommt also nur dieses Plasma in Betracht, als zugehörige Hälfte des Protoplasmas der Epithelzelle oder des ersten Lebensstadiums des Si-Zoids. Der Inhalt des Sarkolemm's, nicht das Sarkolemm, gehört dem ersten Lebensstadium dieses Zoids an. Was bedeutet das Sarkolemm selbst? Es umschließt dieses erste Lebensstadium. Es tritt in Verbindung nicht mit dem Achsenzylinder, nicht mit der Markscheide, sondern mit der Schwannschen Scheide der Nerven. Bleibt nur das dritte Lebensstadium. Sollte das Sarkolemm nicht diesem dritten Lebensstadium der Gregarinstufe des Si-Zoids entsprechen?

In diesem dritten Stadium würde sich nach unseren früheren Betrachtungen der reduzierende Zweig des Zyklus der Zooide vollziehen, in ihm würden die Zooide dem Hypoid in seinen wachsenden Teilen wieder ähnlich werden. Daraus würde sich auch die Ähnlichkeit zwischen Sarkolemm und Sehne, die schon dazu geführt hat, daß man das Sarkolemm den Bindesubstanzen zurechnete, erklären. Wie aber sollen wir uns nun den ganzen Sachverhalt erklären? Wir haben das erste Lebensstadium des Si-Zoids in der Epithelzelle des äußeren Keimblattes. Sie bildet das zweite Lebensstadium, das seinerseits die Askohyphe bilden hilft. Nun bildet das zweite Lebensstadium das dritte, das Sarkolemm der Muskeln. Und dieses dritte Lebensstadium bildet wieder das erste in sich in seinem Plasma, natürlich mit Hilfe des Stromes von Material, den das Blut herbeiführt. Und die beiden Hälften des ersten Lebensstadiums, die in den Epithelzellen und die in den Muskeln stehen miteinander in Verbindung. Sie geben während dieser Verbindung ein Ganzes ab. Aber sie gehören eigentlich nicht einer Generation an. Die Hälfte in den Epithelzellen ist älter als die in den Muskeln. Die erstere gehört den primitiven Keimblättern, die letztere den mittleren an. Aber es kann doch nach unseren früheren Betrachtungen kein späteres

Lebensstadium aus dem vorhergehenden sich entwickeln, wenn nicht die beiden Hälften zusammentreten, wenn sie nicht aufeinander wirken. Das geschieht durch die Intervention der anorganischen Gruppe und durch das Verhältnis des zusammenfassenden Bioradikals und der zusammengefaßten. So könnten auch keine späteren Lebensstadien entstehen, wenn wir nur Hälften hätten. Aber wir haben nicht bloß Hälften, wir haben auch die Zusammenfassung. Nur ist der Organismus groß, und wir haben besondere Bahnen, durch die diese Zusammenfassung vor sich geht. Das sind die Nerven. Es ist eine Eigentümlichkeit der Umgruppierung der Symbioten, die im Organismus stattfindet, daß die Hälften der Symbioten in verschiedenen Teilen zerstreut sind, und daß die Zusammenfassung dieser Teile wieder durch besondere Gruppierungen sich vollzieht. Aber ohne daß eine solche Zusammenfassung und eine Beteiligung der anorganischen Gruppen stattgefunden hätte, wäre es nicht zu einer Bildung des zweiten, dann des dritten, dann wieder des ersten Lebensstadiums des Si-Zooids gekommen.

Es ist weiter eine Eigentümlichkeit des Organismus, daß die Teile, aus denen er besteht, gleichzeitig dem Hyphoid und einer der Zooiden angehören. So hier die Epithelien, dort die Muskeln. Und das Verhältnis von Hyphoid zu Zooid ist nicht in beiden das gleiche. Fragen wir uns denn, wie in den Muskeln sich dieses Verhältnis gestaltet, so sehen wir zunächst, in der Tätigkeit ist der Muskel Zooid, in der Ruhe ist er Hyphoid. In der Tätigkeit empfängt er Stoffe von den Nerven aus, die die beiden Zooidhälften zusammenbinden, in der Ruhe von den Konidien aus. Während beider Zustände wird er auch von dem Blut Stoffe bekommen, insofern dasselbe als Askohyphe der ungeschlechtlichen Generation des Hyphoids und als zweites Lebensstadium der Zooide des dritten Lebensstadiums Stoffe zusenden wird. Wir wissen aus der Beobachtung, während der Kontraktion findet eine Änderung der Achsen statt, eine Änderung der Querstreifung und vieles andere. Nur eines will ich hervorheben. Die anorganischen Gruppen müssen sich ändern. Sobald der Muskel zum Zooid wird, muß er die anorganische Substanz des Hyphoids ausscheiden, während er die des Zooids aufnimmt. Und wenn er wieder zum Hyphoid wird, muß das Umgekehrte geschehen. So muß er ab-

wechselnd geradwertige Ca und Si und ungeradwertige MgNH₄ und Fe aufnehmen und ausscheiden. In der Beziehung aber werden sich die beiden Arten von Muskeln nicht gleich verhalten. Nur von den quergestreiften haben wir seither gesprochen, aber die glatten verhalten sich ganz ähnlich. Nur müssen wir in ihnen setzen Hälften des Ca-Zooids, wo wir in den letzteren setzen Hälften des Si-Zooids. Die einen greifen an der Sehne an, die andern liegen unter der Adventitia oder der Serosa. Beiden gemeinschaftlich muß etwas sein, was sich aus diesem Verhältnis zum Bindegewebe ergibt, nämlich die Beteiligung der Konidien. Aus beiden müssen nämlich Nerven erwachsen. Wie es auf den Epithelien geschieht, wenn die Konidien sprossen, so muß es auch auf den Muskeln geschehen. Es ist dies die Entstehung der geschlechtlichen Generation des Hyphoids. So wie die Muskeln also Hyphoid werden, entsteht auf ihnen die geschlechtliche Generation, denn tatsächlich tragen die Muskeln Nerven, die von ihnen aus entstehen. Die glatten Muskeln tragen sympathische Nerven, Hyphen des Pollinodiums, denn das Ca-Zooid, das in ihnen lebt, bedingt die Entstehung der Kohlenhydrate, die das Pollinodium führt. Dagegen tragen die quergestreiften Muskeln die zerebrospinalen Nerven, die zu Askogonen führen.

Wie stimmt das hier Gesagte mit den früheren Kapiteln überein? Früher wurde gesagt, als die Keimblätter besprochen wurden, das ganze Keimblatt stelle zusammen einen Symbioten dar. Hier dagegen heißt es, in den Muskeln findet sich die eine Hälfte des Symbioten, in den Epithelzellen die andere. Nehmen wir als Beispiel die quergestreiften Muskeln, die markhaltigen Nerven, die Epidermiszellen, dann handelt es sich um das Si-Zooid. Aber es sind doch nur einige Epidermiszellen, welche auf einmal gereizt werden, und einige Muskelfasern, welche diesen Reiz mit einer Bewegung beantworten. Wenn diese zusammen ein Si-Zooid bilden, wie stimmt das überein mit der Annahme, daß das ganze äußere Keimblatt einen Symbioten darstelle, also alle Epidermiszellen zusammen? Und warum spricht die eine Annahme von den halben Symbioten, die andere von den ganzen? Sind in den Epidermiszellen gleichzeitig Symbiotenhälften und Teile des ganzen Symbioten ent-

halten? Das ist eben der Fall, und die Symbioten, die so einander gegenübergestellt werden, sind nicht dieselben. Das heißt; sie sind beide Si-Zooide. Aber das eine ist das vergehende, das dem Aufbau des Organismus aus den Geschlechtsprodukten dienende Zoid. Es war enthalten in den Geschlechtsprodukten, es wurde gebildet von den elterlichen Organismen. Diejenigen Si-Zooide dagegen, die aus den Hälften in Epidermiszellen und Muskeln entstehen, sind die neuen, von dem gegenwärtigen Organismus gebildeten Si-Zooide. Sie sollen die Grundlage bilden für die Erneuerung des Organismus. Sie entstehen in Hälften, entsprechend dem Aufbau des Organismus, und sie können in einzelnen Zellen entstehen, weil das vergehende Si-Zoid in sich die Bioradikale enthält, aus denen die neuen sich wieder aufbauen.

Zwei Fragen erheben sich da: 1. Was meint der Aufbau des Organismus? 2. Sind die Hälften des ersten Lebensstadiums des Si-Zooids, welche sich mit denen in den Muskeln vereinigen, die Kinder oder die Enkel des Si-Zooids, welches den Organismus bildet?

Ich kann einstweilen nur das konstatieren, daß zwischen dem Si-Zoid, das den Organismus mit aufbauen hilft, und den in ihr entstehenden Hälften liegen all die verschiedenen Lebensstadien dieses Zooids. Von ihnen haben wir teilweise schon gesprochen, als wir das Sarkolemm, die Schwannsche Scheide in Betracht zogen. Aber wenn auch verschiedene Lebensstadien, so liegt doch nur eine Generation zwischen den beiden Repräsentanten.

7. Kapitel. Verschiedenheit der Gewebe.

Mannigfaltige Gewebe treffen wir im Wirbeltier. Jedes Gewebe hat seine eigentümlichen Zellen. Was ist die Ursache dieser Verschiedenheit? Im ersten Band habe ich gesagt, es ist die Lage, welche die Verschiedenheit der Gewebe bedingt. Die vergleichende Anatomie feiert da ihre Triumphe, indem sie aufzeigt, wie die Gleichheit der Lage während der Entwicklung auch die gleiche Funktion bedingt.

Aus unseren Betrachtungen aber entnehmen wir, es ist nicht bloß die Lage, d. h. die Wirkung der äußeren Kräfte, welche diese Verschiedenheit bedingt. Die verschiedenen Keimblätter sind auch verschieden ausgerüstet, um diesen Kräften Widerstand zu leisten. Wir hatten im äußeren Keimblatt das Si-Zooid, im innern das Ca-Zooid. Woher hatten wir nun diese Differenz? Sie rührte her von den Teilungen. Bei ihnen geht die eine in die eine Mutterzelle, die andere in die andere über, getrennt durch die Scheidewand. Wir sagen auch, sie liegt in der Teilungsebene. Es ist also die Lage zu dieser Teilungsebene, welche die Differenz der Zellen bewirkt. Das ist auch eine Verschiedenheit der Lage, aber wieder eine andere als die vorhin besprochene. Dort eine Verschiedenheit in Beziehung zur äußeren Oberfläche, hier eine Beziehung zu den Teilungsebenen. Dort zu den äußeren Kräften, hier zu den inneren. Aber mit diesen primitiven Lagebeziehungen begnügt sich der Organismus nicht. Eine Ganglienzelle und eine Zelle der Markscheide des Nerven stammen von demselben Keimblatt her, und doch, wie verschieden sind sie. Was bedeutet das? Die eine liegt im Zentralorgan oder doch in einem der Zentren, die andere peripher. Bei der Sukzession von Teilungen, die auf die primären folgten, hat eine Veränderung der Lage stattgefunden. In der Mannigfaltigkeit der Beziehungen, die sich entwickelten, als die Zahl der Zellen immer größer wurde, haben die zentrale und periphere nicht die gleiche Stellung eingenommen.

Zentral und peripher löst noch eine andere Anschauung aus, von der Einwirkung der äußeren Kräfte. Die einen liegen dieser Einwirkung ausgesetzt, die andern von derselben entfernt. Es ist hier wieder dasselbe Doppelverhältnis wie vorhin. Die Ausrüstung mit den inneren Kräften durch die Teilungen auf der einen, die Einwirkung der äußeren Kräfte durch die Beziehungen zur Oberfläche auf der andern Seite. Wie aber ist es, wenn wir nahezu in derselben Lage, abstammend von demselben Keimblatt, Zellen finden, die in ihrer morphologischen wie chemischen Beschaffenheit ganz und gar verschieden sind, wie Knorpel und Knochenzellen. Da haben wir in einer Beziehung etwas Neues, nämlich die Sukzession der Reize. Zu verschiedenen Zeiten, in verschiedenen Stadien der Entwicklung und Ernährung wirken auf

dieselbe Stelle des Organismus verschiedene von der Außenwelt herstammende Kräfte. Und wir haben andererseits das mittlere Keimblatt, an dessen Herstellung die beiden äußeren Keimblätter mit den Mesenchymzellen, d. h. mit den zweiten Lebensstadien der Ca- und Si-Zooide beteiligt sind. Je nach der Natur der äußeren Kräfte, je nachdem, was durch ihre Einwirkung aus dem Wege geräumt wird, kann die eine oder die andere der inneren Kräfte in der Entwicklung begünstigt werden.

Läßt sich nun das alles, was wir seither gesehen, zusammenfassen? Gewiß, es handelt sich immer um die allmähliche Umgruppierung des in der befruchteten Eizelle enthaltenen Biomoleküls. Aus ihm werden die Symbioten frei und durchlaufen ihren Zyklus. Jeder Anprall der äußeren Kräfte an dieses Biomolekül sprengt von ihm ein Bioradikal ab. Jede solche Abspaltung hat eine Teilung zur Folge, denn eine Teilung ist, wie wir sahen, im wesentlichen eine Trennung der Hypchoide und Zooide, die im Biomolekül vereinigt sind. Jede Teilung aber bedingt ein neues Gleichgewicht gegenüber der Außenwelt. Dieses wird durch eine neue Welle der äußeren Kräfte über den Haufen geworfen, es erfolgt eine neue Abspaltung eines Bioradikals, eine neue Teilung, ein neues Gleichgewicht. Bald aber sind es nicht mehr die äußeren Kräfte allein, welche das Gleichgewicht stören. Sobald die Symbioten sich gesondert haben, beginnen sie aufeinander zu wirken. Jeder Symbiot will seinen Zyklus vollenden, jeder sucht sich, um ihn wenigstens weiterzuführen, des Materials zu bemächtigen, welches dazu dienen kann.

Der „Kampf der Teile“, wie Roux¹⁾ ihn nannte, beginnt. So entsteht die Mannigfaltigkeit der Gewebe. Von außen schlagen die äußeren Kräfte an das Biomolekül heran. Je nach der Natur der Umgebung und ihrer Wirkung werden bald mehr Bioradikale der einen, bald mehr der andern Art abgesprengt. Solange immer neue von dem Biomolekül geliefert werden, wächst der Organismus, finden neue Teilungen statt. Und mit jeder Teilung findet eine Umgruppierung, eine Trennung der Hypchoide und Zooide in dem Biomolekül, das sie seither vereinigte, statt.

¹⁾ Roux, W., Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881.

Die Gewebe aber sind die Bildungen, auf denen und durch die die Symbioten ihren Zyklus vollenden werden. Jede Welle, die außen an den Organismus anschlägt, wirft etwas in diese Gewebe herein. Mit jedem solchen Anschlag wird ein Bioradikal frei, wird zum Biomolekül, vollendet einen Teil seines Lebenspfades, bis es die Trophik wieder fesselt.

8. Kapitel. Zusammenfassung und Geschlechtsprodukte.

Die Bildung der einzelnen Symbioten hat ihre Beschränkung in der Zusammenfassung. Alle zusammen müssen doch einen Organismus bilden, und dieser Organismus muß sich als eine Einheit in derselben Form, in der er entstanden, fortpflanzen. Wenn sich daher die Symbioten auseinanderlegen, wenn sie ihren Zyklus durchlaufen, so müssen sie sich auch wieder zusammenlegen. Einer doppelten Notwendigkeit wird damit genügt. Einmal ist der Organismus der Außenwelt gegenüber zusammengefaßt, er ist ein Individuum, er ist zentralisiert. Das andere Mal ist der Organismus der Nachwelt gegenüber zusammengefaßt. Er bildet einen Keim, der ihn selbst zu reproduzieren imstande ist. Die beiden Dinge stehen in innigem Zusammenhang miteinander, wie wir bei der Besprechung der Hyphoide und Zooide bereits sahen. Damals lernten wir, der Zusammenhang werde gegeben durch die anorganischen Gruppen. Die zusammenfassenden Bioradikale geben diese anorganischen Gruppen in kolloidaler Suspension unter dem Einfluß der äußeren Kräfte ab, von den zusammengefaßten nimmt sie eines in organischer Bindung wieder auf und tritt damit an die Stelle der zusammenfassenden. Ich rufe diesen Wechsel zwischen zusammenfassenden und zusammengefaßten Bioradikalen und anorganischer und organischer Bindung der anorganischen Gruppe ins Gedächtnis zurück, denn von ihm müssen wir ausgehen. Aber es liegen im Wirbeltierorganismus die Verhältnisse komplizierter.

1. Zunächst haben wir vier Symbioten. Jeder der Symbioten soll seine Bahn durchlaufen, jeder also in jedem Lebensstadium aus dem zusammengefaßten in den zusammenfassenden

Zustand unter Ausscheidung und Aufnahme der anorganischen Gruppe übergehen.

2. Die Zusammenfassung mit Hilfe der anorganischen Gruppe geschieht nicht bei Hyphoid und Zooid in der gleichen Weise. Bei dem ersteren sind die anorganischen Gruppen ungeradwertig, bei den letzteren geradwertig.

3. Wir haben die Symbioten nicht bloß für sich, wir haben sie auch untereinander verbunden. Für diese Verbindung untereinander gibt es auch eine Zusammenfassung. Sie kann nicht der von Hyphoid oder Zooid entsprechen, sie muß etwas Neues, dem Wirbeltierorganismus Eigentümliches sein.

4. Wir haben die Symbioten nicht einzeln. Wir haben gelernt, es gibt zwei Askohyphensysteme und ebenso zwei Lufthyphensysteme, ein zentripetales und ein zentrifugales. Die beiden Systeme sind aber untereinander in Verbindung.

5. Es sind gleichzeitig in dem Organismus vorhanden, die Zusammenfassungen, die dem Individuum, und diejenigen, die der Fortpflanzung entsprechen.

Aus der Verknüpfung dieser fünf Punkte muß sich die Stellung des Individuums gegenüber der Außenwelt und zur Fortpflanzung ergeben. Man kann das nur verstehen, wenn man die tatsächlichen Verhältnisse mit der Theorie vergleicht. In einem gewissen Grade haben wir das schon getan. Wir haben z. B. die beiden Zooidenhälften in Muskeln und Epithelien verlegt und sie durch die Nerven verbinden lassen im Momente der Tätigkeit. Das war eben die Zusammenfassung, die hier erfolgte, unter dem Einfluß der äußeren Kräfte, des Reizes. Und diese Zusammenfassung war verbunden mit einer Ausscheidung der anorganischen Gruppe in dem zusammenfassenden, und einer Aufnahme in dem zusammengefaßten Bioradikale. Die Erregung, welche Nerv und Muskel verbindet, geht durch das Zentralnervensystem hindurch. Dort muß die Zusammenfassung des Organismus sitzen. Dort muß also die Ausscheidung stattfinden. Und dann muß auch eine Aufnahme durch ein neues Bioradikal geschehen, ein neues, das an Stelle des alten tritt. Das kann sich doch nur im Muskel finden, der nach der Tätigkeit wieder in den Ruhezustand zurückkehrt. Aber wenn der etwas aufnimmt, so tritt er damit doch nicht an

Stelle des Nerven oder seines peripheren oder zentralen Endes, kurz an Stelle des zusammenfassenden Bioradikals. Ist denn überhaupt dieses Rollen einer Welle durch den Organismus, welches mit dem Reiz anhebt, auf diesen einen Symbioten, dessen Bioradikale hier verbunden werden, beschränkt? Haben wir nicht gerade auch die Beteiligung der andern Symbioten und ihre Verbindung zu berücksichtigen. Die Trophik hat uns damit bekanntgemacht, daß der Lebenslauf des einen die andern beeinflusst, aber sie hat uns noch nicht gezeigt, wie das geschieht. Eins aber haben wir schon erfahren, den Gegensatz zwischen Zellen und Bahnen, und daß in den Zellen eine andere Art der Gruppierung stattfindet als in den Bahnen. Die Bahnen zeigten eine Gruppierung, die den einzelnen Symbioten entspräche, die Zellen dagegen eine solche, die die Verbindung der Symbioten zu einem neuen Ganzen darstellt.

Bei Gelegenheit des Keimblattes lernten wir das kennen. Wir erfuhren damals die äußere Körperoberfläche, wurde von Zellen bekleidet, die eine Verbindung des Si-Zooids mit dem Hyphoid, die innere dagegen von solchen, die eine Verbindung des Ca-Zooids mit dem Hyphoid darstellen. Im Grunde sind alle Zellen als Bioradikale des Gesamtorganismus Verbindungen aller Symbioten. Aber nicht alle Symbioten sind für die Funktion gleich wesentlich. So wären denn das Ca- und Si-Zooid nicht direkt, sondern nur durch das Hyphoid verbunden. Und es gäbe zwei Möglichkeiten der Verbindung der Symbioten, eine für die innere, eine für die äußere Körperoberfläche. Schlägt eine Kraft der Umgebung an die eine, so wird der eine Symbiot durchlaufen, seine Bioradikale werden zusammengefaßt, seine anorganische Gruppe ändert ihren Zustand, schlägt sie an die andere Oberfläche, so ist es der andere Symbiot. Aber es ist nicht bloß das. Wir haben es auch mit Punkt 2 zu tun. Die Zellen, auf die die äußeren Kräfte wirken, enthalten nicht bloß das Ca- und Si-Zooid, sie enthalten auch deren Verbindungen mit dem Hyphoid. Es ist etwas Neues, eine andere Art der Zusammenfassung, das hierdurch gestört wird. Die Nerven, die diese Störung weitertragen, haben auch eine Doppelnatur. Wir haben sie eben als Teile der Zooide angesehen, früher aber waren sie uns Teile des Hyphoids, entsprechend den Luft-hyphen der geschlechtlichen Generation. Sie sind beides, je nach

den Funktionen, die sie augenblicklich ausüben. Sie gehen aus von den Zellen, die die Verbindung der Zooide mit dem Hyphoid darstellen, und je nach der Störung dieser Verbindung können sie die Zusammenfassung der einen oder der andern Symbioten bewirken.

Vor allem gehen sie zu dem Zentralnervensystem, zu der Zusammenfassung des ganzen Organismus. Da müssen Zooide und Hyphoide zusammengefaßt sein, denn das charakterisiert den Gesamtorganismus. Hier muß sich denn auch die Zusammenfassung, welche an der Peripherie durch die äußere Kraft gestört wird, in entgegengesetztem Sinne ändern.

Damit nähern wir uns Punkt 3 und 4. Was denn kann verschiedene Symbioten zusammenfassen, fragen wir zunächst. Innerhalb eines Symbioten haben wir die Zusammenfassung der Bioradikale durch die anorganischen Gruppen, und innerhalb eines Bioradikals haben wir die organischen Gruppen. Was aber kann einen Symbioten mit dem andern verknüpfen, das Ca-Zooid mit dem Hyphoid und das Si-Zooid auch mit dem Hyphoid? Jedes, das eine Zwischenstellung zwischen den anorganischen und organischen Gruppen einnimmt. Das, was wir in den Zellen haben als Charakteristikum der beiden Hauptbestandteile des Nukleins und des Eiweiß, nämlich P und S. P verbindet im innern Keimblatt Ca-Zooid und Hyphoid im Kern, wie wir früher schon sahen, S im äußeren Keimblatt Si-Zooid und Hyphoid, im Protoplasma. Wir begreifen die Zusammenfassungen des Hyphoids, die ungeradwertigen und die der Zooide, die geradwertigen machen sich geltend, nachdem diese Gruppierungen durch P und S gestört worden sind. Die Störungen werden durch die Nerven ins Zentralnervensystem übertragen. Doch müssen sie, wie wir gesehen haben, auf die anderen Zooidenhälften wirken, sie müssen auch auf die Zusammenfassung des Gesamtorganismus wirken.

Wie tun sie das? Gerade wie bei der Zusammenfassung **innerhalb** der Symbioten geht es auch bei der **zwischen den** Symbioten. Was das seither Zusammenfassende ausscheidet, nimmt das zusammengefaßte Bioradikal auf, das Bioradikal in diesem anderen Sinne gemeint. Ist also an der Peripherie P ausgeschieden, so wird hier P aufgenommen und ebenso geht es mit S.

Das aber hat noch eine andere Bedeutung. Es sind auch die Geschlechtsorgane des Hyphoids Pollinodium und Askogon, die hier im Zentralnervensystem in den Ganglienzellen zusammenstoßen. Die Aufnahme oder Ausstoßung von P oder S meint aber zwischen diesen Geschlechtern doch immer einen Vorgang, der der Befruchtung nahe steht oder zu ihr sich ergänzen kann. Er meint jedenfalls eine Wirkung auch auf das Hyphoid. So haben wir auch im Zentralorgan einen Zerfall der Störung der Gesamtzusammenfassung in einen Vorgang, der die Bahnen der Zooide, und einen Vorgang, der die Bahnen des Hyphoids durchläuft.

Dann fragen wir uns entsprechend Punkt 4, wie ist es aber möglich, daß eine Gesamtzusammenfassung überhaupt da sei, wenn die Symbioten nicht einfach, sondern doppelt vorhanden sind. Das ist nur möglich, weil die Zusammenfassung in den Zellen der Zusammenfassung in den Symbioten nicht entspricht. Es ist nicht das gleichseitige Hyphoid, welches in der Zelle des äußeren Keimblattes mit der Hälfte der Si-Zooide in Verbindung ist, sondern das ungleichseitige. So müssen bei der Zusammenfassung im Zentralorgan die anorganischen Gruppen und die Gruppen von P und S sich neuerdings vertauschen.

Damit gelangen wir zu Punkt 5. Wenn eine Störung die Zelle des äußeren Keimblattes erreicht, so durchläuft das Si-Zooid ihre Zusammenfassung. Wir begreifen jetzt, daß sie im Zentralnervensystem auf die gekreuzte Seite übergeht. Vorhin haben wir das Bioradikal im Muskel verlassen, im Begriff, sich in ein zusammenfassendes umzuwandeln, und haben uns gefragt, wo das hingehet. Seitdem haben wir dazu gelernt, daß auch durch das Hyphoid eine solche Zusammenfassung durchwandern kann, und auch hier wird es ein Bioradikal geben, welches sich in ein zusammenfassendes umwandelt. Wir haben dann weiter gelernt, daß die Verbindung der beiden Symbioten im Zentralnervensystem auseinander gefallen ist, und der P oder der S, welcher bei dieser Störung sich ausschied, muß aufs neue zwei Symbioten zusammenbinden. Zwei Symbioten haben entsprechend der Störung an der Körperoberfläche ihren Lebenslauf durchgemacht, zwei Symbioten müssen durch P oder S wieder zusammengebunden werden. Das geschieht in den Geschlechtsprodukten. Wie es zwei Arten von Körperoberflächen gibt, eine innere und eine äußere, wie es

zwei Arten von Bindungen gibt, Nuklein oder Eiweiß durch P oder S, so gibt es auch zwei Geschlechter. Ist das eine oder das andere das primäre? Was wir erkennen, ist der Zusammenhang, das „Warum es so sei“.

In einer andern Beziehung aber wäre noch viel zu fragen. Wie ist es mit dem Gegensatz des individuellen Zyklus zu dem des geschlechtlichen Zyklus? Stehen nicht die Erhaltung des Individuums und die Erhaltung der Art sich in vielen Beziehungen gegenüber? Und ist es nicht gerade das Eingreifen der äußeren Kräfte, welche den Tod des Individuums bedingt? Rührt von diesem Eingreifen vielleicht auch die Bildung der Geschlechtsprodukte her? Wir müssen uns erst die beiden Arten von Zentralisationen gegenüberstellen, diejenige, welche der Behauptung des Individuums in der Außenwelt vorsteht, und diejenige, welche die Wiederholung der Individuums bei der Vererbung bewirkt. Wir werden erst, wenn wir den Zusammenhang dieser beiden Zentralisationen einsehen, einen Einblick in den Aufbau und die Bedeutung der Zellen bekommen.

III. Unterabteilung. Funktionen.

I. Kapitel. Resorption und Sekretion.

Ihrer Abstammung nach sind die Zellen, welche resorbieren und sezernieren, dieselben. Sie müssen es auch nach ihrer Beziehung zu den Symbioten sein, und ihrer ganzen Organisation nach. Ihre Tätigkeit ist die denkbar verschiedenste. Die einen Zellen sind die Gehilfen der anderen. Damit die resorbierenden Zellen die Nahrung aufnehmen können, müssen diese durch die Sekrete vorbereitet werden. Die Unterschiede, welche man wahrnimmt, bestehen zunächst darin, daß die sezernierenden Zellen von der Oberfläche zurückgezogen, in Drüsen vereinigt werden. Dagegen werden die resorbierenden Zellen auf den Zotten der Nahrung gewissermaßen entgegengestreckt. Eine

Entwicklung der Grundlage, auf der sie sich aufbauen, ist das zunächst. In den Zellen selbst ist bei den resorbierenden Zellen der Stäbchensaum zu sehen, den man wohl nicht mit Unrecht als eine Veränderung des Flimmersaums ansieht. Dann hat man eine Basis dieser Stäbchen, mehr oder weniger breit, einen Schutz der Zellen gegen die Kräfte, die sie von außen angreifen. Weiter sind die resorbierenden Zellen mehr oder weniger angefüllt mit den Stoffen, die sie resorbiert haben. Endlich stecken sie mit einem spitzen Fortsatz in dem Bindegewebe drin, das die Grundlage bildet. Die sezernierenden Zellen haben den Stäbchensaum wie seine Basis verloren. Sie haben eine andere mehr würfelförmige Gestalt angenommen. Ob daran schuld ist, daß die Zellen, welche in die Tiefe rücken, sich vielfach teilen, oder der Umstand, daß sie nicht mit dem resorbierten, sondern mit dem von ihnen selbst sezernierten Material sich füllen, wissen wir nicht. Wir fragen jetzt, woher diese Differenz, wenn doch beide Arten von Zellen Abkömmlinge des inneren Keimblattes sind, also Entwicklungen der Ca-Zooide in ihren drei Lebensstadien und verbunden mit den beiden Repräsentanten des Hyphoids, dem zentripetalen und zentrifugalen, dem entstehenden und vergehenden Zyklus? Die allererste Antwort darauf ist die, daß doch diese beiden Verbindungen bei diesen verschiedenen Zellen nicht gleich entwickelt sein werden. Die Resorptionszellen versorgen den Organismus mit Material, von ihnen aus wird das zentripetale, das entstehende Hyphoid entwickelt werden. Die Sekretionszellen führen aus dem Organismus etwas weg. Sie bilden und leben auf Kosten des Organismus. Zu ihnen hin wird das zentrifugale, das vergehende Hyphoid sich entwickeln.

Beide Arten von Zellen werden umspült von Arterien und Venen. Die Resorptionszellen liefern den Venen Material, die Sekretionszellen erhalten es von den Arterien. Aber ist diese Beziehung zu den Blutgefäßen wirklich die Verbindung mit dem Hyphoid? Sie ist doch keine Verbindung, sondern nur ein Austausch von Bestandteilen. Zwischen beiden ist doch etwas eingeschoben, das Endothel der Blutgefäßwand und das Bindegewebe der Membrana propria der Drüse oder der Grundlagemembran der Schleimhaut. Vielleicht könnte die Verbindung mit dem Nerven eher als die mit dem Hyphoid angesehen werden. Ragen doch

seine Enden, wir haben es hier mit dem Sympathikus zu tun, in die Epithelzellen hinein. Beide Arten von Zellen haben diese Verbindung, sowohl die Resorptions- wie die Sekretionszellen. Jene wirken durch den Plexus myentericus hindurch auf die glatten Muskeln des Darms, diese sind, wie wir aus den Versuchen Ludwigs¹⁾ oder Ogatas²⁾ wissen, bezüglich ihrer Sekretion vom Zentralnervensystem abhängig. Nun können wir die resorbierenden Zellen als Beispiele der Zellen des inneren Keimblattes ansehen. In bezug auf diese haben wir uns schon in dem entsprechenden Kapitel das Verhältnis zu den Symbioten klargemacht.

Wir haben da gesehen, bei diesen Zellen haben die Venen ihre Wurzeln im Protoplasma, die Arterien ihre Enden im Kern. Das will sagen, die Askohyphen des Hyphoids zerfallen in die zwei verschiedenen Systeme, sind miteinander verbunden durch die Umgruppierung der Bioradikale, die in den Epithelzellen stattfindet. Bei dem ausgebildeten Organismus aber ist diese Verbindung hergestellt unabhängig von der Epithelzelle durch die Verbindung zwischen Arterie und Vene, welche den Kreislauf schließt, d. h. durch die Kapillare und ihre Wand, das Endothel. Dieses stammt von dem zweiten Lebensstadium des in der Epithelzelle des inneren Keimblattes im ersten Lebensstadium sich findenden Ca-Zooids. Eben die Umgruppierung zwischen den Bestandteilen dieses Zooids und denen des Hyphoids, eine Umgruppierung herbeigeführt durch den P, charakterisiert diese Epithelzelle. In dieselbe ragt aber weiter hinein das Konidium, das von der ungeschlechtlichen Generation des Hyphoids im Bindegewebe herrührt. Dieses Konidium erscheint als Plasmosoma. Von ihm aus geht ein Myzel, das sich im Kern verbreitet und das zur Bildung einer Lufthyphye führt, auf der das Pollinodium ruht, dem Sympathikus. An der Bildung des Sympathikus aber beteiligt sich auch das Ca-Zooid, und so stellt sich die Doppelnatur desselben her. Einesteils erscheint er als eine Hyphe des Hyphoids und andernteils als ein Teil des Zooids, bestimmt, die in der Epithelzelle liegende Hälfte mit der in den

¹⁾ Ludwig, C., Zeitschr. f. rat. Med. N. F. I, 1891.

²⁾ Ogata, N., Die Veränderungen d. Pankreas b. d. Sekretion. Arch. f. A. u. Ph. 1883, Phys. Abt.

glatten Muskeln liegenden zu verbinden. Es soll die an die innere Körperoberfläche schlagenden äußeren Kräfte von der einen Hälfte auf die andere übertragen, und so das Verhältnis zwischen Zusammenfassendem und Zusammengefaßtem ändern. Ich rufe dies ins Gedächtnis zurück, damit man sich jetzt den Unterschied zwischen resorbierender und sezernierender Zelle deutlich mache und die Möglichkeit verstehe, wie die eine aus der andern hervorgehen kann.

Da ist vor allem die Differenz in dem Verhältnis zu dem Nerv. In der Resorptionszelle beginnt der Nerv in der Zelle und nimmt einerseits als Teil des Hyphoids Stoffe auf, die er zur Befruchtung hinführt, andererseits als Teil des Zooids solche, die er zur Vereinigung mit der in den glatten Muskeln gelegenen andern Hälfte bringt. Das aber ist doch in der Sekretionszelle gar nicht der Fall. Im Gegenteil, der Nerv leitet der Sekretionszelle etwas zu. Die Sekretionszelle ist bis zu einem gewissen Grade analog dem Muskel. Sie antwortet auf einen Reflex. Wir haben sekretorische Nerven, so gut wie wir motorische haben. Dieselben können markhaltig oder marklos sein, gerade wie die motorischen auch, nur wird das Resultat der Erregung etwas verschieden sein. So sehen wir zur Glandula submaxillaris die markhaltige Chorda tympani, zum Pankreas die marklosen Äste des Sympathikus hinlaufen.

Manches Gleichartige werden diese Nervenwirkungen haben und wieder manches Ungleichartige. Zu dem Gleichartigen vor allem gehört, daß wir die Nerven überall die Hälften von Zooiden verbinden sehen. Das wenigstens gilt für die motorischen Nerven? Wir haben es auch bei den Resorptionszellen und glatten Muskeln angenommen. Gilt es nun auch für die Sekretionszellen und sekretorischen Nerven? Die Doppelnatur des Nerven als Teil des Hyphoids und als Teil der Zooide tritt zutage. Zu derselben Art von Zellen, von der er während der Resorption wegleitete, leitet er jetzt hin. Er ist nicht verschieden verbunden, aber er übt eine verschiedene Art von Tätigkeit aus. Dort bei den resorbierenden Zellen verband er die verschiedenen Hälften der Zooide, hier bei den sezernierenden wirkt er als Hyphoid. Er leitet jetzt etwas zu der Zelle hin, was in ihr die Tätigkeit als Wurzel für die Askohyphen verständlich macht. Zu einer

Entstehung der Askohyphen gehört eine Wirkung des Pollinodiums auf das Askogon, eine Befruchtung, und eine solche wird jetzt der sezernierenden Zelle durch den Sympathikus übermittelt, wenn sie sich nicht mehr am Anfang des zentripetalen, sondern am Ende des zentrifugalen Astes befindet.

Damit muß sich aber noch vielerlei in der Zelle ändern. Vor allem das Plasmosoma, welches als Konidium die Wurzel der Lufthyphye bildete, als welche der Sympathikus entstand. Ist der Sympathikus in seiner Doppelnatur umgeschlagen, so ist es auch das Plasmosoma. Ist er nicht mehr Zooid, so ist auch das Plasmosoma nicht mehr Hyphoid, d. h. Konidium. Was ist es dann? Das Bindegewebe, auf dem es aufsitzt, ist nicht mehr ungeschlechtliche Generation. Es muß auch zum Zooid umgeschlagen sein. Das Bindegewebe, auf dem die sezernierende Zelle aufsitzt, hat eine etwas andere Beschaffenheit als dasjenige, auf dem die resorbierende aufsitzt. Bildet sich die sezernierende Zelle zur Drüse aus, so wird es zur Membrana propria, und diese Membrana propria hat man wegen ihrer ähnlichen, morphologischen und chemischen Beschaffenheit verglichen dem Sarkolemm der Skelettmuskeln. Das Sarkolemm haben wir verglichen dem dritten Lebensstadium der Si-Zooide. Somit würde auch das Plasmosoma umschlagen aus der Hyphoid- in die Zooidnatur. Als ein Zeichen hierfür erscheint es, daß das Plasmosoma heranwächst, wenn es seinen Platz verläßt, aus dem Kern auswandert und sich neben diesen als Nebenkern ins Protoplasma lagert. Wenn jetzt auf dem Plasmosoma nicht mehr der Sympathikus wurzelt, wenn es selbst zum Zooid wird, dann muß auch der übrige Inhalt der Zelle eine Veränderung erleiden. Nicht mehr zur Bildung des Endothels als zweites Lebensstadium der Ca-Zooide und zur Verbindung der beiden Askohyphensysteme kommt es. Das Material des Protoplasma ist durch die Befruchtung seitens des Sympathikus verändert. Das Material des Kerns ist verändert weil nicht mehr das Ca-Zooid zu dem Sympathikus abfließt. Es kommt nicht mehr zu ihrer Vereinigung und nicht mehr zum Abfluß nach den Askohyphen hin. Jetzt gibt es einen Abfluß des veränderten Zellinhaltes nach der gerade entgegengesetzten Richtung, der Zellinhalt wird sezerniert. Der Unterschied zwischen der resorbierenden und sezernierenden Zelle hat also seine Ursache in

dem entstehenden Umschlag. Der Sympathikus ist aus der Verbindung der Zooidhälften das befruchtende Hyphoid geworden, das Plasmosoma aus einem Konidium eine Zooidhälfte, Kern und Protoplasma aus der Verbindung der beiden Askohyphensysteme eine Trennung derselben. Was aber ist die Ursache dieses Umschlags? Erstens die Periode der Entwicklung. Wir haben seither nicht gefragt, woher kam denn die andere Hälfte des Ca-Zooids, wenn sich durch die Verbindung der beiden Hälften das zweite Lebensstadium ausbildete und die beiden Askohyphensysteme verband. In der Epithelzelle steckte doch nur die eine Hälfte. Die andere Hälfte aber stammt aus dem noch nicht völlig entwickelten Keim. Sobald diese Teile des Keims verbraucht sind, dann müssen auch Arterien und Venen verbunden sein. Dann kann das zweite Lebensstadium des Ca-Zooids nicht mehr zur Bildung der Endothelien verwendet werden. Dann muß zweitens unter den Zellen des inneren Keimblattes eine Trennung zwischen Resorption und Sekretion auftreten. Soweit der Sympathikus nicht bloß Zooid ist, muß er auch Hyphoid werden, und soweit das Ca-Zooid nicht bloß als Hälfte sich durch den Sympathikus verbindet, muß es durch die Sekretion einen Weg zur Vervollständigung seines Lebenslaufes suchen.

2. Kapitel. Fermentbildung und Fermentwirkung.

1. Wie können die Symbioten Fermente bilden? 2. Wie müssen die Fermente wirken, um wieder die Symbioten zu bilden? Im Band I S. 126 hatten wir das mikroskopische Bild diskutiert, wie in der Zelle aus dem Plasmosoma die Zymogenkörnchen entstehen und aus diesen wieder die Fermente. Dann betrachteten wir die physiologischen Hilfsmittel, wie die Fermente, die Nahrungsmittel hydrolytisch spalten, wie sie oxydieren und reduzieren und wie mit ihrer Hilfe die Zelle ihre Bestandteile aufbaut. Es sind Zellen der inneren Körperoberfläche, welche die Fermente der Verdauung bildeten, also Repräsentanten des Ca-Zooids, wie wir annahmen. Der Ausgang von dem Plasmosoma bedeutete, daß das dritte Lebensstadium des Ca-Zooids den Ausgangspunkt bildete. Aber das Ca-Zooid bildete das Ferment

nicht für sich allein. Nerv und Blutbahnen beteiligten sich und damit der ganze Organismus. Was uns nun zunächst interessiert, ist, daß der Reflex von der äußeren Körperoberfläche ausgelöst wird. Sie ist bekleidet von dem Si-Zooid. Die auf diese wirkenden Kräfte sind es, welche durch die Veränderungen, die sie in dem Zyklus hervorrufen, den Reiz auslösen. Der durch das Zentralnervensystem hindurchlaufende Nerv vermittelt den Reflex. Er bildet die Brücke zwischen äußerer und innerer Oberfläche, zwischen Ca-Zooid und Si-Zooid. Bringt er etwas von dem einen zum andern hinüber, etwas was aus dem Zyklus des einen in den des andern übergeht? Die Erregung greift am Plasmosoma an, aber das Plasmosoma bleibt nicht Plasmosoma. Es ändert seinen Ort, es wandert aus aus dem Kern, und es ändert seine Färbung, d. h. es ändert sich chemisch. Es geht also etwas in dasselbe über, was zu der Rolle als drittes Lebensstadium des Ca-Zooids nicht paßt. Dieses Etwas geht aus von der äußeren Oberfläche. Da es durch die Nerven übergeht, so müßte es dem umfassenden Bioradikale des Si-Zooids angehören. Es müßte auch anorganisch sein, weil die Fermente nach allem, was wir wissen, kolloidaler Natur sein müssen. Kolloidal können freilich auch Eiweißkörper sein, aber diese bedürfen dann zu ihrer Suspension der Ionen, d. h. der elektrischen Vorgänge und der Bestandteile der Salze. Wir wissen aber davon nichts bei der Wirkung des Speichelfermentes, das wir in den Vordergrund der Betrachtung gestellt haben. Dagegen haben wir über die fermentativen Wirkungen der kolloidalen Metalle im ersten Bande S. 130 ff. gehört. Es könnte also nur eine Verbindung von Si sein, welche den Ausgangspunkt für die Wirkung des Speichelfermentes bildete. Eine Verbindung von Ca könnte es nicht sein, weil das Ca-Zooid erst in ihrem Zyklus gestört werden muß durch etwas, was von dem Si-Zooid herkommt. Was für eine Verbindung könnte das sein? Sie geht durch die Nerven hindurch, also muß sie im Fett löslich sein. Und doch muß sie anorganischer Natur sein. Das könnte unter den bekannten Verbindungen bloß der Kieselsäure-Cholesterinester sein. Die Probe, die darauf zu machen wäre, bestände darin, daß man untersuchte, ob denn dieser Kieselsäure-Cholesterinester fermentativ wirkte, ob er vor allem Stärke in

Zucker umwandelte. Noch wäre die Möglichkeit vorhanden, daß die Zelle der Speicheldrüse das, was der Nerv hinbringt, umwandelt, und so erst das Ferment daraus bereitet. Aber der Kieselsäure-Cholesterinester besteht die Probe. Er wandelt tatsächlich Stärke in Zucker um.

Man kann sich davon leicht überzeugen. Wenn man sich nach Drechsels¹⁾ Angaben den Kieselsäure-Cholesterinester bereitet hat, so kann man folgende Proben anstellen, indem man in der üblichen Weise bei 40° die Umwandlung der (vorher geprüften) Stärke in Traubenzucker mit der Trommerschen Probe kontrolliert.

	Reaktion
Kieselsäure + Rhodanammon + Stärke	o
Öl + Stärke	o
Kieselsäure + Öl + Stärke	o
Kieselsäure + Öl	o
Kieselsaurer Cholesterinester + Öl	o
Kieselsaurer Cholest. + Öl + Stärke + Na ₂ CO ₃	o
Kieselsaurer Cholest. + Öl + Stärke	positiv

Der Kieselsäure-Cholesterinester wirkt also auf die Stärke in demselben Sinne wie der Speichel. Er wirkt nicht so geschwind wie der Speichel. Es bedarf mindestens $\frac{1}{2}$ Stunde, um die Wirkung zu sehen, während sie beim Speichel schon nach 5 Minuten deutlich ist. Das liegt zum Teil daran, weil der in Öl gelöste Ester von der in Wasser gelösten Stärke sich trennt, und es wird durch ein eifriges Schütteln die Zeit der Wirkung abgekürzt. Bemerkenswert ist, daß das zum Zwecke der Emulgierung zugesetzte Na₂CO₃ (wenige Tropfen) die fermentative Wirkung aufhebt. Chemisch wird hier keine Änderung hervorgebracht, wohl aber mechanisch. Die Art der Berührung von dem Ester mit der Stärke wird durch die Emulsion wahrscheinlich verändert.

Die Speichelzelle, wenn sie von dem Nerven den Kieselsäure-Cholesterinester aufnimmt, macht noch etwas, indem sie die Zymogenkörnchen formt. Vielleicht erleichtert es die Berührung des Esters mit der Stärke, oder es verhindert, daß, wie in unsern Versuchen, Ferment und Stärke sich sondern. Gewinnen wir nun durch diese Versuche eine Einsicht in die Wirkung des Fermentes? Zunächst die, daß es sich um die Bildung eines anorganischen, kolloidalen Gerüsts und einer organischen Hüllsubstanz handeln muß. Die Hüllsubstanz legt sich auf das Gerüst auf und sondert das Innere desselben von der Umgebung. Wie aber wirkt ein solches Verhalten auf die Stärke? Durch

¹⁾ Drechsel, E., Vorl. Mitteilung über natürlich vorkommenden Kieselsäureester. Zentralbl. f. Physiol. 1897, 361.

elektrische Vorgänge wahrscheinlich. Rosenthal¹⁾ hat vor kurzem auch eine fermentative Wirkung in einem elektrischen Felde erhalten. Er hat Stärke in Zucker umgewandelt durch die Wirkung einer Polarisation. Es sind nicht elektrische Vorgänge, wie sie zur Bildung von Ionen führen, das Passieren eines Stromes durch einen Leiter zweiter Klasse. Es sind statische elektrische Vorgänge, Erzeugung von Spannungen im Inneren eines Solenoides. Den Wechsel der Spannung erzielte Rosenthal, indem er die auf der Oberfläche kreisenden Ströme unterbrach oder Wechselströme verwendete. Dabei zeigte sich, daß die Zahl der Unterbrechungen oder der Stromwechsel die Art der Fermentwirkungen bedingte. Um Stärke in Zucker umzuwandeln, war eine andere Zahl von Stromschwankungen erforderlich, als um Eiweiß in Albumosen und Peptone zu spalten. Und solche müssen sich auch abspielen an der Oberfläche solcher kolloidaler Molekülgruppen, die von einer Hülle überzogen sind, in der Flüssigkeit. Welche Form mögen solche Gruppen annehmen? Wir haben, wenn wir die Schwere ausschließen können, wegen der Gleichheit des spezifischen Gewichtes mit der umgebenden Flüssigkeit, keinen Grund, eine Dimension zu bevorzugen. Es wird also die Kugelgestalt sein, d. h. diejenige Form, die uns bekannt ist als bevorzugt für alle statischen elektrischen Wirkungen, weil sie die Elektrizität auf der Oberfläche sammelt. Unsere fermentative Kugel hat eine doppelte Natur. Sie hat einen anorganischen Bestandteil, die Kieselsäure, und einen organischen, das Cholesterin. Das erinnert uns daran, daß die anorganischen Körper und die organischen sich elektrisch ganz verschieden verhalten. NaCl wird durch den elektrischen Strom gespalten, CH₄ aber nicht.

An diese Verschiedenheit erinnert uns aber auch die Wirkung unseres Fermentes. Es ist eine hydrolytische Spaltung, die es hervorbringt. (C₆H₁₀O₅)_n wird gespalten in n C₆H₁₂O₆ unter Aufnahme von n H₂O. Das H₂O, welches aufgenommen wird, muß aber selbst zerspalten werden, wie wir von der Spaltung des Rohrzuckers her wissen. Ein H geht an den einen, ein HO an den

¹⁾ Rosenthal, J., Zerlegung hochkomplizierter chemischer Verbindungen im schwankenden magnetischen Kraftfeld. Sitzungsber. d. K. Pr. Akad. d. Wissensch. 1908.

anderen Spaltling. Das ist die Wirkung der organischen und anorganischen Atome, das ist auch die Wirkung der verschiedenen Biatome, aus denen das Ferment sich zusammensetzt. Denn, damit beginnen wir uns mit der zweiten Frage zu beschäftigen: „wie müssen die Fermente wirken, um wieder Symbioten zu bilden?“ Es muß eben aus dem, was Bestandteil fremder Biatome war, wieder die Atomgruppe herausgespalten werden, welche nichts ist als Atomgruppe, welche keine kolloidale, morphologische Existenz mehr hat. Das ist eben der Stärke gegenüber der Traubenzucker.

Indem das Ferment das tut, nützt es nicht bloß der Zelle, die es gebildet hat, es nützt auch dem ganzen Organismus. Denn alle Biatome, ob in dem oder jenem Zooid oder im Hyphoid vorhanden, können nun diese Gruppe in sich aufnehmen und für sich verwerten. Deshalb wird auch das Ferment nicht von einem Symbioten allein gebildet, sondern durch das Zusammenwirken aller. Warum aber geht die Bildung in der Speichelzelle vom Plasmiosoma aus? Weil es sich um eine hydrolytische Spaltung handelt. Wir haben schon bei Gelegenheit der Spaltpilze von diesen Wirkungen gesprochen und damals gesagt, die Spaltung eines größeren Moleküls unter Aufnahme von H_2O entspricht gleichzeitig einer Oxydation und Reduktion.

Das gilt nun auch für die Spaltung der Stärke, für die Wirkung der Verdauungsfermente überhaupt. Eine gleichzeitige Oxydation und Reduktion ist aber nicht Sache eines Biatoms. Es bedarf dazu einer Verbindung mehrerer Biatome, die sich in verschiedenen Stadien ihres Zyklus befinden, ungleichartiger Biatome. Der Umschlag, der der Sekretion zugrunde liegt und der von dem Plasmiosoma ausgeht, führt nun im Wirbeltierorganismus zu einer solchen Verbindung ungleichartiger Biatome. Das Plasmiosoma, ein Teil des Hyphoids, ist in der Ruhe. Der Sekretionsnerv beginnt zu spielen, und es wird zum Zooid. Wenn ein markhaltiger Nerv, wie bei der Speichelsekretion tätig ist, wird er zu einem Teil des Si-Zooids; wenn er ein markloser Nerv ist, zu einem Teil des Ca-Zooids. Immer aber verbindet er die Hyphoid- mit der Zooidnatur, die reduzierenden mit den oxydierenden Eigenschaften. Deshalb werden, soweit sich die Wirkungen im Wasser vollziehen, immer unter Aufspaltung von H_2O

dem einen Komponenten H, dem andern HO angegliedert. Die Gruppen aber, aus denen das zu verdauende Molekül der Nahrung besteht, werden durch diese Einschlebung von Wasser gespalten.

Wie sollen wir hiernit die im Eingang dieses Kapitels in den Vordergrund gestellte Tätigkeit des Kieselsäure-Cholesterinesters in Einklang bringen. Ich vermute, daß dieser Ester ein Teil des Fermentes ist, welches bei der Wirkung der Sekretionsnerven in den Speicheldrüsen entsteht. Aber er ist auch nur ein Teil, wie seine soviel langsamere Wirkung gegenüber dem Speichel beweist. Bei den mit dem Ester angestellten Versuchen habe ich die Wirkung der Gestalt und der physikalischen Kräfte in Vordergrund gestellt, bei der Wirkung des Hyphoids und Zooids die chemischen Kräfte. Beide mögen auf eine gemeinschaftliche Grundlage hinauskommen, wie die statische und dynamische Elektrizität. Bei dem Kieselsäure-Cholesterinester mag es das Schwanken zwischen der kolloidalen Lösung der Kieselsäure im Wasser, und der durch die Verbindung mit dem Cholesterin hergestellten Lösung im Fett, welches die Erhaltung der Oberfläche und damit elektrische Ströme bedingt. Im Speichelferment werden diese Vorgänge der anorganischen Substanz ergänzt durch die in den organischen Gruppen, und sie vollziehen sich daher weit rascher und wirksamer.

Werfen wir noch einen Blick auf die sezernierten Fermente. Ist es eine Tat des Luxus, daß der Organismus diese Konidien und diese Teile der Zooide aus seinem Gesamtzyklus hergibt? Entfernt er sie überhaupt daraus, indem er sie in den Verdauungskanal sezerniert? Ich bezweifle es. Die Experimente lehren, daß die Fermente bei der Tätigkeit sich nicht erschöpfen. Nehmen wir als Beispiel wieder das Speichelferment. Das Hyphoid und Zooid, aus welchen dasselbe besteht, wirken gleichzeitig auf das Wasser und auf die Stärke. Wenn das Hyphoid sich reduziert und dem H_2O ein H entzieht, wird das übrige OH von dem einen Komponenten des Stärkemoleküls aufgenommen. Dann aber begehrt der andere Komponent derselben Sättigung für die freiwerdende Affinität und entzieht dem Hyphoid seinen H wieder. Ebenso ist es, wenn das Zooid sich oxydiert und OH aufnimmt.

So kehren Hyphoid und Zooid des Fermentes nach allen

hydrolytischen Spaltungen, die sie vollzogen, immer wieder in den Anfangszustand zurück. Sie verbleiben dabei im Verdauungskanal. Dieser ist ausgekleidet von den resorbierenden Zellen, die in ihrem Wesen den sezernierenden Zellen, aus denen die Fermente hervorgingen, gleich sind. So können dieselben wieder resorbiert werden, nachdem sie ihre Rolle bei der Verdauung gespielt, und sie können dann in dem Zyklus des Gesamtorganismus noch weiterhin ihren Lebenslauf zu Ende führen.

3. Kapitel. Innere Sekretion.

v. Cyon schlägt vor¹⁾ „die nichtssagende und nicht einmal zutreffende Bezeichnung Brown-Sequards „Drüsen für die innere Sekretion“ ganz aufzugeben und die Gefäßdrüsen von nun an, durch den generellen Namen der „Schutzdrüsen für die Regulierung des Blutlaufs und des Stoffwechsels“ zu bezeichnen. Cyon hat gewiß recht, wenn er hervorhebt, wieviel mehr wir jetzt wissen über die Wirkung dieser Drüsen und wenn er deren Tätigkeit durch den Blutlauf und den Stoffwechsel charakterisiert.

Trotzdem habe ich dieses Kapitel „Innere Sekretion“ beschrieben. Es sind verschiedene Wege möglich, durch die man zu einer Analyse der Tätigkeit dieser Drüsen kommt. Der eine Weg ist, daß man die Wirkung der Stoffe, die aus diesen Drüsen stammen, betrachtet. Der andere Weg betrachtet die Methode, nach der diese Drüsen ihre Stoffe zur Wirksamkeit gelangen lassen. Der letztere Weg führt unzweifelhaft dazu, die Tätigkeit der Drüsen als eine Sekretion aufzufassen, wobei die Stoffe nicht auf eine äußere Oberfläche, sondern ins Innere des Organismus ergossen werden. Der erstere Weg betrachtet zunächst die Wirkung dieser Stoffe auf den Stoffwechsel. Hinter der Störung dieser Wirkung steht bei jeder Drüse eine furchtbare Erkrankung. Für die Schilddrüse die Kachexia strumipriva, für die Nebenniere die Addisonsche Krankheit, für die Hypophyse die Akromegalie

¹⁾ v. Cyon, Zur Physiol. d. Hypophyse, Pfl. A. 87, 577.

Jede dieser Drüsen ergießt gewisse Stoffe in den Blutkreislauf, die bestimmte Wirkungen erzielen, das Adrenalin Erhöhung des Blutdrucks, das Jodothyrin Verminderung des Blutdrucks, das Hypophysin Erhöhung der Vaguswirkung. Cyon stellt diese Stoffe zusammen als physiologische Herzgifte. Im Grunde kann uns weder die eine, noch die andere Auffassung ganz befriedigen. Gewiß müssen die Stoffe, welche diese Drüsen produzieren, ins Blut ergossen werden; gewiß werden sie den Blutlauf beeinflussen und gewiß werden sie dadurch auf den Stoffwechsel wirken.

Aber um zu verstehen „wie das geschehe“, fehlen uns doch noch eine Menge Zwischenglieder. Was geht denn aus dem Beeinflussen des Blutdrucks durch die Schilddrüsen für die Erscheinungen der Kachexia strumipriva hervor oder aus denen der Nebenniere für die Addisonsche Krankheit oder aus denen der Hypophyse für die Akromegalie.

Kann nun unsere Vorstellung von der Symbiose der Symbioten mehr leisten? Ich will versuchen, anzudeuten, wie sie dies kann. Wir haben zunächst in allen drei Drüsen Epithelzellen, welche nicht die äußeren Oberflächen bekleiden. Epithelzellen stellen Verbindungen der Symbioten dar, sie haben nicht die Gruppierung der Symbioten selbst.

In ihnen wird der Zusammenhalt der verschiedenen Symbioten nicht durch die anorganischen Gruppen, sondern durch P und S bewirkt. Diese Epithelien spielen nicht dieselbe Rolle wie die, welche die äußere oder innere Körperoberfläche entweder direkt bekleiden oder ihr Sekret auf dieselbe ergießen. Wenn sie Symbioten verbinden, so können es nicht dieselben sein, welche dort verbunden werden. Wir erinnern uns an die doppelten Anlagen von Blutgefäßen und Nerven, der Askohyphen und Lufthyphen, die doch sowohl zentrifugal, wie zentripetal angelegt wurden.

Sie müssen sich alle im Innern des Organismus, nicht an der Oberfläche vollziehen. Sie müssen alle durch Epithelzellen, d. h. durch Verbindungen von Symbioten bewirkt werden. Wir haben drei Möglichkeiten dieser Verbindungen, die der zentripetalen und zentrifugalen Zerebrospinalnerven, der zentripetalen und zentrifugalen sympathischen Nerven und der zentripetalen

und zentrifugalen Blutgefäße. Alle diese Verbindungen vollziehen sich im Zentrum. Für die Nerven gibt es keine Verbindung an der Peripherie, und für die Blutgefäße haben wir diese Verbindung bereits erledigt. Drei verschiedene Arten von Epithelzellen sehen wir denn auch auftauchen, um diese Verbindungen zu bewirken. Die Hypophysis am Gehirn für die Zerebrospinalnerven, die Nebenniere in der Bauchhöhle für die sympathischen Nerven, die Schilddrüse am Hals für das Herz. Wie aber geschieht diese Verbindung? Da ist zunächst der Umstand, daß man den Vorgang „innere Sekretion“ nennt. Man hätte ihn auch „innere Resorption“ nennen können, denn das, was sezerniert wird, muß doch auch wieder resorbiert werden, wenn es eine Wirkung ausüben soll. Nur kennt man den Vorgang der Sekretion, während man den Ort und Vorgang der Resorption nicht kennt. Aber die Verbindung von Resorption und Sekretion ist die Verbindung von zusammengefaßtem und zusammenfassendem Bioradikal. Die anorganische Gruppe wird von dem zusammenfassenden fahren gelassen und von einem der zusammengefaßten aufgenommen. Nun geht dieses zwischen zwei verschiedenen Systemen vor sich. Da muß das eine Bioradikal in dem einen System, das andere in dem andern stecken. Die Verbindung aber geschieht durch die Epithelzellen, welche eine Zusammenordnung verschiedener Art haben. Nehmen wir einmal als Beispiel an, es vollziehe sich in ihnen die Zusammenfassung zwischen einer Generation des Hypheids und dem ersten Lebensstadium einer Zooide durch P oder S. In dem zuführenden Blutgefäß gelangt zu der Zelle ein Bioradikal dieser Zooide. Das entsprechende aber dem anderen System Angehörige befindet sich in der Epithelzelle. Die anorganische Gruppe der Zooide, welche die beiden Bioradikale untereinander verbindet, ist gegenwärtig. So wird diese Affinität überwiegen, der Zusammenhalt durch P oder S in der Epithelzelle wird gestört, es bildet sich der neue Zusammenhalt, der die zwei verschiedenen Systeme vereinigt. So mag es in allen diesen Drüsen geschehen, freilich mit den Variationen, die der verschiedenartige Zusammenhang bedingt. Die entstandenen Zusammenhänge aber werden entweder sofort wieder an den Blutstrom abgegeben, oder sie werden weiter getragen, wenn neue Zusammenhänge gebildet werden.

Die Geschlechtsprodukte sollen doch den ganzen Organismus reproduzieren, und es ist notwendig, daß, wenn die Moleküle zu den Geschlechtsorganen hinkommen, sie diese Drüsen passiert haben. Es ist ein allmähliches Aufsteigen durch all die Zusammenhänge der Symbioten hindurch, welches zu den reproduzierenden Teilen führt. Kein Wunder, daß alle diese Drüsen in einer Beziehung zu den Geschlechtsorganen stehen. Am deutlichsten die Hypophyse, welche vielleicht die letzte Stufe des Zusammenhangs ist, die zwischen den zentripetalen und zentrifugalen zerebrospinalen Nerven herstellt. Von ihr sagt Cyon a. a. O. S. 192: „Es kann also bei den Akromegalen weder eine einfache Abnahme noch eine Zunahme der Hypophysenfunktion stattgefunden haben, sondern irgendwelche Störung in ihrer Funktionsweise oder in der Zusammensetzung ihrer Produkte, die eine Verwirrung in ihren trophischen Wirkungen erzeugt.“ Und weiter sagt er: „Von den anderen eigentümlichen Symptomen der Akromegalie sind noch die Impotenz bei Männern und die Amenorrhöe bei Frauen besonders hervorzuheben.“

Die Störung der Funktion der Hypophyse, das Nichtzustandekommen der Verbindung der beiden Systeme, der Luft-hyphen der Symbioten nach unserer Auffassung, bewirkt eine Verwirrung im Wachstum (das ist die Akromegalie nach Cyon) und einen Mangel in der Bildung der Geschlechtsprodukte. Ist aber nicht der ganze Zyklus bis zu dieser Bildung nicht schon durch unsere früheren Betrachtungen erklärt? Wir haben eben die Komplikation, die durch die Verbindung der verschiedenen Systeme sich findet, noch ganz außer Betracht gelassen. Wir haben nur bis zur Durchlaufung der einzelnen Zyklen die Verfolgung fortgesetzt. Wo diese sich in den Blutstrom ergossen haben, beginnt der Vorgang der Verbindung, der durch die innere Sekretion erklärt wird.

Indessen können wir uns nicht mit einer Bezeichnung als Erklärung begnügen. Wir müssen auch eine wirkliche Vorstellung gewinnen. Wenn die Veränderung der Hypophysis einen Einfluß gewinnt auf das Wachstum der Extremitäten, wie ist das möglich? Drei Verbindungen kann es geben zwischen beiden: das Blut, die Nerven, die Lymphgefäße. Zwei derselben sind zentrifugal und zentripetal, die dritte ist nur zentripetal.

Wenn das Wachstum harmonisch vor sich gehen soll, ist es notwendig, daß Zentrum und Peripherie fortwährend in Verbindung sind. Wir könnten die Beziehungen zwischen Extremitäten und Hypophysis daraus ableiten. Aber wir haben in Vordergrund gestellt die Beziehungen zwischen den Symbioten. Die Hypophyse ist eine unechte Drüse, ohne Ausführungsgang ein Organ, welches, wie O. Hertwig¹⁾ sagt, einen doppelten Ursprung hat. Wir finden in ihr zweierlei Arten von Epithelzellen, die vielleicht diesem doppelten Ursprung ihre Entstehung verdanken, und Bindegewebe. Sollen diese drei Arten von Gebilden den drei verschiedenen Symbioten, dem Si-, dem Ca-Zooide und dem Hyphoid, ihre Entstehung verdanken. Wenn wir weiter gesehen haben, daß die Symbioten erst mit vollendetem Wachstum vollständig werden, daß sie es noch nicht sind, solange noch Teilungen erfolgen, liegt vielleicht gerade in diesem Hirnanhange, der die äußerste Stelle im Hirn einnimmt, die Vollendung des Wachstums der Symbioten. Wenn die Extremitäten wachsen, so teilen sich die in ihnen enthaltenen Zellen, es vermehren sich die in denselben enthaltenen Bioradikale, eben die Bioradikale der Symbioten. Damit sie das können, müssen sie Material empfangen, und dies Material muß ein anderer Symbiot hergeben. Er gibt es aber nur, wenn ein anderer Symbiot Einfluß über ihn gewinnt, und das kann dieser andere Symbiot nur entsprechend dem Gesetz des Aufbaus des Wirbeltierorganismus. Für das Gewinnen eines solchen Einflusses aber ist die Hypophysis eben der Ort; die Vorgänge in ihr bedingen, daß das Material von einem Symbioten an den andern abgegeben wird. Sind diese Vorgänge gestört, dann kommt es auch zu einer Störung in dem Wachstum. Aber das, was ich eben sagte, bezieht sich doch auf alles Wachstum, und die Akromegalie betrifft nur das Wachstum der Extremitäten. Es bezieht sich auf alles Wachstum, insofern immer der eine Symbiot das Material dem andern abgeben muß. Wir haben eben auch noch andere innere Sekretionen, welche dies bezeugen und welche in einem Verhältnis zu dem Wachstum anderer Teile stehen mögen. Vorhin war die Rede von den Nebennieren. Sie sind paarig, sie sind auch unechte Drüsen,

¹⁾ Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte. 2. Aufl., S. 341.

sie sind Produkte des mittleren Keimblattes¹⁾. Es ist nicht unmöglich, daß diese paarigen Gebilde zu dem Wachstum des unpaaren Rumpfes in einer Beziehung stehen, welche mit der, der unpaaren Hypophysis zu dem Wachstum der paarigen Extremitäten manche gemeinsame Beziehung hat. Von Cyon hebt ferner hervor, die Impotenz bei Männern, die Amenorrhoe bei Frauen, welche die Akromegalie begleiten. Es ist das also die Unfähigkeit der Bildung der Geschlechtsprodukte, welche einhergeht mit dem abnormen Wachstum. Wir werden das einfach aus dem Gesichtspunkte ableiten, daß erst das Hyphoid in seiner Bildung vollendet sein muß, bevor es Geschlechtsorgane entwickelt.

4. Kapitel. Atmung.

Die Physiologie teilt die Lehre von der Atmung in zwei Abteilungen, die innere und die äußere Atmung. Uns interessiert vom Standpunkt der Symbiotenlehre etwas, was diese beiden Abteilungen verbindet, nämlich das Zustandekommen der Atembewegungen auf Reizung des Atemzentrums hin. Wir überlassen den Erklärungen der Physiologie alles, was durch sie möglich ist, und wir fragen uns nur, welche Tätigkeiten der Symbioten oder des Zusammenwirkens der Symbioten, diese dem Wirbeltierorganismus eigentümlichen Funktionen veranlassen. Da haben wir zunächst die Erregung in dem Atemzentrum selbst. Es sind die Ganglienzellen, die erregt werden, und zwar durch den Sauerstoffmangel oder den Kohlensäureüberschuß des zu strömenden Blutes. Diese Ganglienzellen stammen her von dem äußeren Keimblatt. Wie die Zellen dieses Keimblattes, enthalten sie eine Umgruppierung des Bioradikals, des Si-Zooids und der geschlechtlichen Generation des Hyphoids durch S und P. Diese Umgruppierung wird gestört durch die zuführenden Nervenfasern, welche, wie wir bereits früher feststellten, eine Trennung von Zooid und Hyphoid bewirkt. Bleiben von dieser Störung Reste in diesen Ganglienzellen zurück? Diese Reste würden

¹⁾ Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte. 2. Aufl. S. 315.

dem Gleichgewicht zwischen Zooid und Hyphoid entzogen, also dem Gleichgewicht zwischen Oxydation und Reduktion, und das Gleichgewicht könnte sich nur wiederherstellen, wenn sie durch weitergehende Schritte in ihrem Zyklus oder durch Vollendung der Oxydation entfernt würden. So würde sich der Durst der Zellen nach Sauerstoff und ihr Abscheu gegen Kohlensäure erklären. Aber die Tätigkeit des Atemzentrums soll auch nach Unterbrechung aller zuführenden peripheren Nervenbahnen vor sich gehen. Das würde zunächst die eben gegebene Erklärung nicht ausschließen, denn es können die Reste der Störung zwischen Zooid und Hyphoid noch von früher her in den Ganglienzellen drin stecken. Aber noch eine andere Erklärungsmöglichkeit bietet sich dar. Die aus den Blutgefäßen zuströmenden Moleküle von O oder CO_2 stören das Gleichgewicht zwischen Protoplasma und Kern, zwischen P und S. Dann kommt es vielleicht durch eine Oxydation oder Reduktion des S zu einer Trennung der Zooide und des Hyphoids und damit zu einer Erregung der auslaufenden Nervenfasern. Die Inspirationsmuskeln werden von diesen Nerven aus gleichzeitig in Kontraktion versetzt. Es muß also zu allen Muskeln gleichzeitig wandern. Sie muß zentralisiert sein, weil wir von einem Atemzentrum reden. Bei genauerem Hinsehen entdecken wir freilich zwei Atemzentren, ein rechtes und ein linkes, die Inspirationsbewegung aber wird rechts und links ganz gleichzeitig ausgeführt. Wie geschieht diese Verbindung? Es handelt sich um die Verbindung verschiedener Systeme derselben Symbioten, und wir haben dort gelernt, wie die Vorgänge der inneren Sekretion eine solche Verbindung herbeiführen. Es kommt in Betracht sowohl die Verbindung der zentripetalen und zentrifugalen Fasern, wie die Verbindung von rechts und links, und wir wissen, wie für die zerebrospinalen Nerven diese beiden Verbindungen zusammen fallen.

Die weitere Frage ist jetzt: gibt es nicht noch eine andere Verbindung, die den so begonnenen Zyklus gewissermaßen vervollständigt. Wenn der kleine Kreislauf das Blut aus dem rechten Ventrikel in den linken Vorhof überführt, ist das nicht eine Ergänzung zu dem, was im Nervensystem die Inspirationsbewegung einleitet? Die Atemmuskeln werden durch die ihnen zukommende

Erregung zu Zooidenhälften. Sie oxydieren sich also und leisten mit Hilfe der gesättigten Verwandtschaften Arbeit. Den Sauerstoff, den sie brauchen, beziehen sie von den Blutkörperchen. In denen steckt das Eisen als Sauerstoffüberträger. Solange es Sauerstoff abgeben kann, ist es dreiwertig, und die Blutkörperchen sind Teile des Hyphoids, sind Askosporen. Sobald das Eisen den Sauerstoff hergibt, wird es zweiwertig, und die Blutkörperchen ändern ihre Natur. Sie werden jetzt Teile der Zooide, und zwar eines ersten Lebensstadiums. Das zweite Lebensstadium, das hierzu gehört, liegt in den Endothelien der Blutgefäßwand. Aber haben wir nicht früher angenommen, daß dieses zweite Lebensstadium herrühre von denjenigen Zooiden, die in den Epithelien lagen? Das bezog sich auf die Verbindungen, die unter den Epithelien lagen, an der Peripherie. Wir haben schon damals auf den Gegensatz aufmerksam gemacht, der zwischen der Verbindung an der Peripherie und der im Zentrum existieren muß. Jetzt haben wir eine solche Verbindung im Zentrum, und zwar eine Verbindung sowohl des zentripetalen mit dem zentrifugalen Ast, wie von rechts mit links. Wir erkennen den Gegensatz gegen das, was im Nervensystem vor sich geht, oder vielmehr, wir erkennen die Vervollständigung in der Verbindung der Symbioten. Damit ist es noch nicht zu Ende. Dem zweiten Lebensstadium entspricht noch ein drittes. Wir haben dasselbe im Bindegewebe und im Skelett zu suchen. Die Knochen, welche bei der Atmung gebraucht werden, sind in der Mitte durch das Sternum verbunden. Also auch das dritte Lebensstadium ist den beiden Seiten gemeinschaftlich. Nun aber kommt etwas Neues. Die Muskeln, welche die Inspirationsbewegung ausgeführt haben, verbinden zum großen Teil nicht rechts und links, sondern sie verbinden oben und unten. Die Levatores costarum, die Intercostales externi, die Rippenheber, verhalten sich so. Es ist nicht die Gemeinschaftlichkeit von rechts und links, es ist eine andere neue, die in ihnen zum Ausdruck kommt. Es sind auch nicht die Zooide, die wir bis jetzt von den Blutkörperchen aus verfolgten, die in ihnen jetzt zur Wirksamkeit gelangen. Das Zooidstadium hatten sie, als sie von den Nerven den Reiz zur Tätigkeit, von den Blutkörperchen den Sauerstoff empfangen. Jetzt kehren sie in den Ruhezustand, in den Hyphoid-

zustand zurück, und die Blutgefäße geben ihnen das neue Material, welches der Verbindung von oben und unten entspricht.

Das alles, wird man sagen, erklärt aber doch den Verbrauch an Sauerstoff und das Bedürfnis des Organismus nach demselben nicht. Fortwährend schlagen Wellen an die Symbioten heran, fortwährend wird die Umgruppierung an den Oberflächen geändert, und fortwährend stellt sich dieselbe wieder her. Freilich wenn wir uns auf den Standpunkt einer Molekülgruppe stellen, die in den Organismus hineingelangt, übersehen wir auch jetzt nur ein kleines Stück des Weges, den dieselbe zurücklegt. Unser Ziel aber ist es, diese Übersicht zu vervollständigen.

Man kann sich den Einfluß der Atmung auf das Wachstum des Organismus und auf seinen Aufbau vielleicht auch so veranschaulichen. Die Verbindung mit dem O wird entweder zur Bildung von CO_2 oder H_2O führen. Beide Moleküle spalten sich ab. Das geschieht in allen Zellen. Die Zellen aber enthalten die verschiedenen Gruppen der Bioradikale, die sich durch die Anzahl der Atome, die sie enthalten, unterscheiden. Eine Gruppe, die vorher in bezug auf C geradwertig war, wird nach Abspaltung von CO_2 ungeradwertig werden. Das bedeutet, daß sie aus einem Bioradikal in ein anderes Bioradikal übergeht. Während das eine vergeht, entsteht das andere. So ist die Wirkung des O mit einer fortwährenden Änderung der in den Zellen enthaltenen Bioradikale und damit des ganzen Organismus verknüpft.

5. Kapitel. Empfindung und Bewegung.

Wenn die Außenwelt an eine der Oberflächen des Organismus pocht, so kann die Folge zweierlei Formen annehmen. Entweder es kann die zentripetale und zentrifugale Welle, die durch den Organismus hindurchgeht, unmittelbar miteinander verknüpft sein. Oder aber dieselben können zeitlich voneinander getrennt sein. Es kann zwischen die beiden eine Aufspeicherung des Eindruckes, eine Analyse und Synthese der in ihm enthaltenen Elemente, eine Umgruppierung, stattfinden. Wir nennen den ersteren Fall einen Reflex. Im zweiten Fall sprechen wir von

bewußten Empfindungen und willkürlichen Handlungen, indem wir das Bindeglied, das zwischen dem zentripetalen und dem zentrifugalen Geschehen liegt, ganz ignorieren.

Betrachten wir zunächst die erstere, einfachere Form. Es wird ein Teil der Körperoberfläche verändert, d. h. es werden Zellen der inneren oder äußeren Keimblätter verändert. Die Bindung, die in ihnen zwischen Teilen der Ca- oder der Si-Zooide und denen des Hyphoids stattgefunden hat, wird aufgehoben. Teile der Ca- und der Si-Zooide gehen aus den Zellen in die Luft-hyphen über, die sich von der Zelle erheben, in die Nerven. In ihnen pflanzt sich die hierdurch verursachte Veränderung von Stelle zu Stelle fort. Es ist das Schicksal der anlangenden Gleichgewichtsstörung ein doppeltes. Es handelt sich in dem Nerven sowohl um eine Veränderung des Hyphoids wie des Zooids. Als letztere dient der Nerv zum Durchlaufen des Lebenszyklus der Zooide. Dieselbe will aus dem ersten Lebensstadium, das sie in der Zelle einnahm, in das zweite übergehen. Dazu ist es notwendig, wie ich schon früher auseinandersetze, daß sie sich mit der zugehörigen anderen Hälfte verbindet, und diese findet sie im Muskel. Es ist ferner die Ausscheidung und Aufnahme der anorganischen Gruppen notwendig. Die Gelegenheit dazu findet sich im Zentralnervensystem. Sie findet sich bei der Verbindung verschiedener Systeme. Die Verknüpfung zentripetaler und zentrifugaler Fasern der Zerebrospinalnerven in bezug auf das Zoid ist immer auch eine Verbindung von rechts und links, denn die Epithel und Muskelhälfte liegen gekreuzt. In dem einen Nerven auf der rechten Seite steckt die eine Zoidhälfte, in dem auf der linken die andere, in dem in der Mittellinie liegenden epithelialen Organe die anorganische Gruppe in anderer Gruppierung. Es hat indessen im Zentralnervensystem das Anlangen einer zentripetalen Welle noch eine zweite Wirkung. Der Nerv als Hyphoid ist in seinen Hyphoidbestandteilen im Gleichgewicht gestört. Das muß sich geltend machen in den Geschlechtsorganen, die in den zentralen Enden der Nerven stecken. Wenn aber ein solches Geschlechtsorgan in seinem Gleichgewicht gestört ist, so muß sich die Wirkung geltend machen auf das zugehörige Organ des andern Geschlechts und in weiterer Instanz auf die Produkte der Verbindung der beiden in den

Askohyphen, den Blutgefäßen. In ihnen, ihrer Füllung, ihrer Weite, ihrem Druck sehen wir dann jedesmal eine Änderung eintreten, wenn ein Reiz eine Körperoberfläche getroffen hat. Anders verlaufen die Ausgleichungen, wenn es sich nicht um Reflexe, sondern um bewußte Empfindungen handelt. Schon sagte ich, daß dieselben aufgespeichert werden. Dazu, ebenso wie zum Bewußtwerden müssen sie dem vorderen Ende des Zentralnervensystems, dem Gehirn, zugeleitet werden. Das Gehirn entfaltet sich, entwickelt sich in dem Maße, als dies geschieht. Es nimmt mehr und mehr auf von den zugeleiteten Eindrücken. Wie aber werden dieselben zugeleitet, wieso gleichen sie sich nicht von rechts nach links und in gleicher Höhe aus? Nach unserer Kenntnis der Verhältnisse in den Spinalganglien müssen wir annehmen, daß es nicht die gleichen Wellen sind, welche zu den bewußten Empfindungen führen, wie diejenigen, welche zu den Reflexen führen. Etwa die Hälfte der Fasern der hinteren Wurzeln treten mit den Ganglienzellen der Spinalganglien in Verbindung, etwa die Hälfte geht einfach hindurch. Seien nun die ersteren oder die letzteren diejenigen, welche die bewußten Empfindungen vermitteln, jedenfalls verhalten sie sich anders als wie diejenigen, die zu Reflexen führen. Während die letzteren eine Verbindung von rechts mit links haben, müssen sie eine andere Verbindung haben. Das kann nur eine sein von vorn nach hinten bei den Tieren oder von oben nach unten bei dem Menschen. Denn in dieser Richtung ändern sie ihren Verlauf. Und was dann? Sie seien durch diese Verbindung nach dem Gehirn gekommen, was machen sie da? Sie werden aufgespeichert, um nachher die Ursachen von Handlungen zu werden. Das ist nur möglich, wenn sie Reproduktionen der Veränderungen der Körperoberfläche durch die äußeren Kräfte sind. Von dieser zweiten Art von Körperoberfläche, die so gebildet wird und die geschützt von den äußeren Kräften aufbewahrt werden kann, mögen dann neue Störungen des Gleichgewichtes zwischen Hyphoid und Zooid ausgehen, die zu Wirkungen auf die Außenwelt, zu Handlungen führen. Reproduktionen der Körperoberfläche aber sind nur möglich in der Form von Zellen, denn mit diesen sind die Körperoberflächen bekleidet. So sehen wir denn auch das Gehirn in dem Maße, als es sich entwickelt, sich füllen mit Zellen

in seiner Rinde, in seinem peripheren Teile, der der Körperoberfläche vergleichbar ist. Zellen aber sind charakterisiert durch die Umgruppierung zwischen Hyphoid und Zooid, zwischen den einzelnen Symbioten, die den Organismus von diesen unterscheidet, die für den Organismus als Ganzes charakteristisch ist. Diese Veränderungen der Oberfläche, die nicht durch die Bahnen der Symbioten, die bei der Störung des Zusammenhangs frei werden, wieder aus dem Organismus hinausgeführt werden, endigen also damit, daß gleichartige Gruppierungen entstehen. Sie endigen so gewiß erst, nachdem alle möglichen Vereinigungen durchlaufen sind. Denn zwei verschiedene Bahnen vom Hyphoid und von den Zooiden müssen an denselben Punkt kommen, damit sie die neue Umgruppierung eingehen können.

Die durch den Organismus hindurchlaufenden Wellen stören den Zyklus, welcher den Aufbau bewirkt. Beide beruhen auf dem Einfluß der äußeren Kräfte. Aber jene werden veranlaßt durch die plötzlichen Änderungen der äußeren Kräfte, dieser durch deren stetige Wirkung. Bei jenen haben wir gesehen, wie Epithelzellen und Muskel vereinigt werden zu einem neuen ersten Lebensstadium eines Zooids. Wir haben auch schon gesehen, wie dieses in die Geschlechtsprodukte übergeht, während das Zooid, welches den Organismus aufbaut, erst mit dem Wachstum fertig, seine Bioradikale in den Zellen niederlegt. Jene Zooide, die unter dem Einfluß des plötzlichen Wechsels gebildet wird, ist sekundär, diese, die sich unter dem stetigen Einfluß des Organismus bildet, ist primär. Wir haben in dem, was Empfindung und Bewegung veranlaßt, den Gegensatz des geschlechtlichen gegen den individuellen Haushalt.

6. Kapitel. Leber.

Der erste Band S. 219 f., die Analyse, hat die verschiedenen Funktionen der Leber aufgezählt. Die wesentlichsten waren folgende: 1. Die Bereitung der Galle, 2. Die Aufnahme und Abgabe des Reservematerials der Nahrung, 3. Die Aufspeicherung

desselben, 4. Die Bildung des Harnstoffs. Jetzt fordern wir, daß sich die Notwendigkeit, daß diese Funktionen sich vollziehen, sich aus dem Aufbau des Organismus, aus den Symbioten, ergibt.

Vergleichen wir die Tätigkeit der Leber mit dem, was wir seither kennen gelernt haben, so ist die Bereitung der Galle eine Erscheinung der äußeren Sekretion; die Aufnahme, Aufspeicherung und Abgabe des Reservematerials, sowie die Bildung des Harnstoffs dagegen, gehören der inneren Sekretion an, denn bei ihnen werden die Materialien aus dem Blut aufgenommen und die Produkte wieder an das Blut abgegeben. Die Leber erscheint also als ein Organ, welches eine doppelte Bestimmung hat, der äußeren wie der inneren Sekretion zu dienen. In ihrem Aufbau liegt etwas, was daran erinnert. Sie erhält zweierlei Blut, venöses aus der Pfortader, arterielles aus der Arteria hepatica. Sie ergießt dieses Blut durch ein gemeinschaftliches Kapillarsystem in ein einziges abführendes Gefäß, die Vena hepatica; das deutet daraufhin, daß die beiden Aufgaben zu der inneren und der äußeren Sekretion, in der Leber in Beziehung stehen. Das Verhältnis zum Bindegewebe ist in der Leber anders als bei den anderen Drüsen. Bei diesen sitzen die Epithelzellen auf dem Bindegewebe oder auf der dazu umgewandelten membrana propria auf, bei der Leber haben wir Reihen von Epithelzellen, die nur durch Blutgefäße getrennt, nebeneinander liegen. Das Bindegewebe bleibt außerhalb des Leberacinus als Glissonsche Kapsel.

Wir haben das Bindegewebe seither aufgefaßt als ungeschlechtliche Generation des Hyphoids und haben es entstehen lassen aus den Askosporen, d. h. aus den roten Blutkörperchen. Jetzt bleibt dieses Bindegewebe außerhalb des Epithels. Innerhalb desselben aber gibt es eine doppelte Verbindung der Askohyphen. Einmal sind Arterien mit Venen verbunden. Das ist die Verbindung, die wir schon kennen auch für Zellen des inneren Keimblattes, auch für sezernierende Zellen, für Zellen, welche der äußeren Sekretion dienen. Wenn die Askohyphen zweier verschiedener Systeme verbunden werden durch das zweite Lebensstadium des Ca-Zoids, dann geht die Sekretion aus von dem Plasmosoma, das als Konidium auf dem Bindegewebe aufsitzt, das die Askohyphen umgibt. Aber hier fehlt nun dieses Bindegewebe unter

den sezernierenden Epithelzellen, obgleich die Blutgefäße da sind. Auch das Sekret ist ein ganz anderes. Es ist in dem Gallenfarbstoff vorhanden, nichts anderes als ein Spaltling des Hämatoporphyrins oder des Hämatins, oder des Blutfarbstoffs. Der Gallenfarbstoff ist ein Produkt der Zerstörung der Askosporen, und so sind die Lipoide in der Galle Produkte der Zerstörung des Stromas der Blutkörperchen. Deshalb fehlt das Bindegewebe innerhalb der Acini, weil in ihnen die Askosporen nicht zur Bildung der ungeschlechtlichen Generation, sondern zur Bildung des Sekretes verwendet werden. Wie kommt aber diese Abweichung von dem sonstigen Verhalten zustande. Weil wir in den Leberacini nicht bloß eine Verbindung der Arterie mit Venen, sondern eine Verbindung der Venen mit Venen haben. Nicht bloß verschiedene Systeme der Askohyphen, zentrifugale mit zentripetalen, wie wir das sonst haben, sondern verschiedene Teile desselben Systems, zentripetale mit zentripetalen Askohyphen werden untereinander verbunden. Darum ist die Sekretion eine andere, darum gelangen die Askosporen nicht dazu, Bindegewebe zu bilden. Welche Askosporen sind das? Nicht diejenigen, die die Arterien, sondern diejenigen, die die Venen hinzuführen. Die Verbindung von Askohyphen des gleichen Systems ist eine Tat der inneren Sekretion. Die Gruppierung in den Epithelzellen, die diesem Vorgang vorsteht, ist eine andere als wie diejenige, welche der Verbindung von Arterien und Venen vorsteht. Die Epithelzellen der sogenannten Gefäßdrüsen, haben wir schon gesehen, sind andere als diejenigen der primitiven Keimblätter. Die Zellen der Leber aber pendeln zwischen diesen beiden Gruppierungen hin und her. Sind Leberarterie und Lebervene in ihnen verbunden, dann gruppieren sie sich entsprechend der äußeren Sekretion, sind Lebervene und Pfortader verbunden, dann gruppieren sie sich entsprechend der inneren Sekretion. Diesem Doppelverhältnis entspricht auch ihre Funktion. Der Gruppierung zur äußeren Sekretion, welche sie der Verbindung von Arterie und Vene verdanken, entspricht nicht das Material, welches sie für die äußere Sekretion verwenden, sondern dieses Material erhalten sie durch die Pfortader. Indem sie es aber zerlegen und das Produkt in die Gallengänge ergießen, macht sich geltend die Umgruppierung, welche der Verbindung

von Pfortader mit Lebervene entspricht, und sie führt zu einer Aufnahme der Bestandteile, welche die Pfortader im Überschuß zuführt bei der Verdauung, Kohlenhydrate und Eiweißkörper in das Protoplasma der Leberzellen. Tritt dann die Umgruppierung zur äußeren Sekretion wieder ein, so können diese Stoffe wieder in die abführenden Blutgefäße zuvor ergossen werden. Sie als Teile, welche der inneren Sekretion angehören, müssen Hindernisse sein für die Gruppierung zur äußeren Sekretion.

Man wird hier einen Moment stillhalten und sich fragen, wie kommt aber das Fett in die Leberzellen herein und heraus? Nicht ganz auf dem gleichen Wege und doch entsprechend dem gleichen Prinzip. Das Fett kommt bekanntlich durch die Arteria hepatica in die Leber. Die Lymphgefäße haben es aus dem Darm durch den Ductus thoracicus in die Vena anonyma gebracht. Von da ist es durch das Herz in die Arteria hepatica gegangen und die Leber gibt es gewissermaßen aus dem Blut wieder ab. Der Strom der Arteria führt es in den Acinus hinein. Wie die Umgruppierung von der äußeren zur inneren Sekretion zur Aufnahme von Kohlenhydraten aus dem Blut in die Leberzellen führte, so die Umgruppierung von der inneren zur äußeren Sekretion zur Aufnahme von Fett. Das Entgegengesetzte führt dann zur Abgabe an das Blut. Was aber machen die Blutkörperchen der Arterien? Soweit die Verbindung der Pfortader mit der Lebervene sie am Durchfließen des Leberacinus hindert, wenden sie sich dem Bindegewebe zwischen den Leberacini, der Glissonschen Kapsel zu. Sie bilden da die Leberinseln. Aus ihnen entsteht dort, wie es den Askosporen zukommt, das Bindegewebe, und sie werden da aufgespeichert. Es entsteht da eine neue Art der Verbindung, welche den Gesamtzyklus vervollständigen soll und von der wir noch zu sprechen haben werden.

Jetzt bleibt uns noch die Entstehung des Harnstoffs. Schon im ersten Band habe ich davon gesprochen, wie Drechsel¹⁾ sie verständlich machte, indem er nachwies, wie auch Wechselströme sie bewirken. Aus karbaminsaurem Ammoniak $\text{NH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{ONH}_2$ wird H_2O abgespalten, indem an der gleichen Stelle durch H_2 —O

¹⁾ Drechsel, E., Über die Bildung des Harnstoffs im tierischen Organismus. Arch. f. A. u. Ph. Phys. Ab. 1888.

oder durch $O-H_2$ entzogen wird. Die Umgruppierungen in der Leber zeigen uns, wie es an derselben Stelle abwechselnd zu einer Oxydation oder Reduktion kommen könne. Es ist bei der einen Gruppierung das Hyphoid, bei der andern das Zooid, welches an der gleichen Stelle seine Wirkung ausübt.

Die Doppelnatur, in die die Leberzellen durch die abwechselnde Durchströmung der Leberacini mit venösem und arteriellem Blute versetzt werden, kann man sich am deutlichsten machen durch ein Zurückgehen auf die Natur der Zellen überhaupt. Die Epithelzellen gehören einem Keimblatt an, und ein Keimblatt ist das Produkt der Bildung eines Zooids. Aber das Keimblatt ist viel größer und wird noch viel größer in dem Maße, als sich der Organismus ausbildet, als das Zooid es je erreicht. Das kommt daher, weil in den Zellen, die von dem Keimblatt herkommen, die Bioradikale niedergelegt sind, welche das Zooid aufbauen. Diese Bioradikale entwickeln sich weiter, und so vergrößern und vermehren sich die Zellen. Die Leber stammt vom inneren Keimblatt und demgemäß haben wir in den Leberzellen die Bioradikale des Ca-Zooids.

Andererseits aber sind die Zellen auch die Bioradikale des Gesamtorganismus. Dieser aber besteht nicht bloß aus dem einen Zooide, sondern auch aus dem andern und dem Hyphoid. Es müssen demnach in den Zellen nicht bloß die Bioradikale des einen Zooids, sondern auch die des andern angetroffen werden. Der Unterschied zwischen den Zellen der verschiedenen Keimblätter aber besteht darin, daß in der einen Art die Bioradikale des Si-Zooids die primäre d. h. größere Stelle, die des Ca-Zooids die sekundäre d. h. kleinere Stelle einnehmen, in der anderen Art umgekehrt. Zwischen beiden Bioradikalen steht das Hyphoid, das in jede Zelle eingeht und das je nach der Natur der Stoffe, die es der Zelle zuführt, die einen oder die andern Bioradikale zur Entwicklung bringt. Das Hyphoid hat nun eine Doppelnatur, eine zentripetale und eine zentrifugale. Diese Doppelnatur ist für die beiden primitiven Keimblätter verschieden, dieselben Stoffe, die es von dem inneren Keimblatte mit den Venen wegnimmt, bringt es zu dem äußeren Keimblatt mit den Arterien hin. Diese Doppelnatur aber äußert es in der Leber in bezug auf die gleiche Zelle, indem dieselbe bald mit arteriellen, bald

mit venösem Blute bespült wird. Daher werden in derselben Zelle bald die primären der Ca-Zooide zugehörigen, bald die sekundären der Si-Zooide zugehörigen Bioradikale entwickelt. Daraus ergibt sich aber, warum die Leber bald Blutfarbstoff zerstört, bald bildet, bald Moleküle der Nahrung aufspeichert, bald hergibt, bald O zufügt und bald H₂.

7. Kapitel. Blutbildung und Blutzerstörung.

An drei verschiedenen Orten sollte Blut, d. h. Blutkörperchen gebildet werden.¹⁾ Dabei sollten sich dieselben durch Teilung vermehren, d. h. während ein Teil zugrunde ging, sollte ein anderer Teil neu entstehen. Sind die Blutkörperchen bloß Askosporen, wie wir sie seither angesehen haben, oder sind sie es nur vorzugsweise?

Es ist schwer, diese Ansicht, daß die Blutkörperchen den Askosporen entsprächen, mit diesen Tatsachen, daß sie drei bestimmte Bildungsstätten hatten und daß sie sich durch Teilung vermehrten, zu vereinigen. Das letztere sind die Tatsachen, das erstere ist nur Hypothese, muß die nicht weichen? Aber freilich die Tatsachen sind auch schwer untereinander zu vereinigen, und es herrscht über dieselben der größte Streit, obgleich direkte Befunde genug angegeben werden. Was läßt sich eigentlich für die Ansicht, daß die Blutkörperchen Askosporen seien, geltend machen? Erstens der Umstand, Askosporen werden nicht ohne Askohyphen gebildet²⁾. Das scheint zunächst gegen die Beziehung der Blutkörperchen zu Askosporen zu sprechen, denn die Askohyphen wären doch in diesem Falle die Blutgefäße. Im Erwachsenen sehen wir die Blutkörperchen aber nicht die Blutgefäße gebildet. Im Embryo ist es nicht so. Man sieht in ihm die Blutinseln, die Blutkörperchen und Blutbahnen gleichzeitig entstehen³⁾. Für den Erwachsenen aber ist es bezeichnend, daß

¹⁾ Siehe Band I, S. 225 ff.

²⁾ Sachs, Lehrbuch der Botanik. 3. Aufl. S. 246.

³⁾ Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte. 2. Aufl. S. 135.

in zweien der Organe, wo die Blutkörperchen entstehen, die Blutbahn wandungslos ist, in der Milz und im Knochenmark. Das kann nur bedeuten, daß diese Bahn wie im Embryo mit dem Blutkörperchen entsteht und vergeht.

Wir haben ferner drei Organe für die Bildung der Blutkörperchen, und wenn wir das, was im vorigen Kapitel über die Doppelnatur der Leber gesagt worden ist, berücksichtigen, eigentlich vier. Die Bildung der Askosporen ist kein einheitlicher Vorgang. Zwischen dem Vergehen und Entstehen derselben schleichen sich folgende Zwischenzustände ein. Das Vergehen der Askosporen bedeutet ein Sprossen der ungeschlechtlichen Generation, ein Entstehen der Konidien, ein Sprossen derselben, eine Bildung von Mycel, ein Entstehen von Askogon und Pollinodium, eine Vereinigung desselben und ein Neuentstehen von Askosporen und -hyphen. Deutet die Verbreitung der Blutkörperchenbildung über die verschiedenen Organe auf eine solche Komplikation hin? Zwei der Organe sind bindegewebiger Natur, eines, das aber für zwei steht, epithelialer. In den bindegewebigen Organen kommen die beiden Erscheinungen des Hyphoids die geschlechtliche und die ungeschlechtliche zur Geltung in der Leber die Si- und die Ca-Zooide. In der Leber vergehen die Blutkörperchen und in der Leber entstehen sie wieder. Dasselbe kann aber auch für die Milz und das Knochenmark gesagt werden. Denn jedes dieser Organe bewahrt gewisse Teile von einer Generation der Blutkörperchen für die nächste. Und was sie bewahren, ist nicht bei beiden Geschlechtern dasselbe.

Haben die Blutkörperchen etwas mit der Reproduktion zu tun? Schon allgemeine Betrachtungen müssen dazu führen, das anzunehmen. Wie soll alles das, was sich in dem gesamten Organismus vollzieht, niedergelegt werden in den Geschlechtsorganen als durch die Blutkörperchen? Was soll als Vermittler dienen zwischen den Gliedern des elterlichen Organismus und den Anlagen des jugendlichen in den Geschlechtsprodukten als die Blutkörperchen? Weisen nicht auch die Erscheinungen der Menstruation auf die Beziehung zwischen der Bildung der Blutkörperchen und der Bildung der Geschlechtsprodukte hin? Erscheinungen, die in der Leber bei Fröschen auftreten, nachdem die Geschlechtsprodukte resorbiert wurden, und die bei beiden Geschlechtern ver-

schieden sind, weisen darauf hin. Beim weiblichen Geschlecht kommt es dabei zu einer Füllung der Leberinseln mit Blutkörperchen. Es scheint demnach festzustehen, daß an der Anlage des Gesamtorganismus, die sich in den Geschlechtsorganen vollzieht, die Blutkörperchen einen gewissen Anteil haben. Ist der Organismus in die einzelnen Symbioten zerfallen, so muß sich in ihnen der Zusammenhang zwischen diesen Symbioten wiederherzustellen beginnen. Sie müssen den Übergang herstellen zu der völligen Verbindung dieser Symbioten, die sich in den Geschlechtsprodukten zeigt. Eben wegen dieses Übergangs sind sie gleichzeitig Zellen und nicht Zellen. Um uns zu verdeutlichen, was sie eigentlich sind, müssen wir uns gleichzeitig an zwei Dinge erinnern. Erstens daran, daß wir zwölfmal im Jahre bei den Fröschen, also zwölfmal für *eine* Bildung von Geschlechtsprodukten haben Blutkörperchen auftauchen und verschwinden sehen. Sind das in den aufeinander folgenden Erscheinungen von Blutkörperchen immer genau dieselben? Die verschiedenen Zahlen derselben ergeben, daß es nicht dieselben sind.¹⁾ Der ganze Wechsel des Jahres und der Wechsel in der Betätigung dieser Teile, den die verschiedenen Jahreszeiten hervorbringen, müßte aber in dieser monatlichen Periode des Entstehens und Vergehens der Blutkörperchen zum Austrag kommen. Als Vermittler haben die Blutkörperchen fast in keiner der Perioden dieselbe Stellung. Wenn sie nun trotzdem sich immer gleichblieben, was änderte sich in ihnen? Entsprechend der Veränderung des Ausgangspunktes ihre Bildung. Ist diese Bildung eine zwölfmal verschiedene? Die Verschiedenheit der Bildung konnte damit zusammenhängen, daß Leber, Milz und Knochenmark als Ursprungsstätten in Anspruch genommen werden. Sollen wir die zwölfmal verschiedene Bildung dahin interpretieren, daß die Blutkörperchen das einermal in der Leber, das anderemal in der Milz, das drittemal im Knochenmark gebildet werden? Schon früher haben wir das abgelehnt und uns für ein Zusammenwirken der drei Organe bei der Bildung ausgesprochen. Kann bei diesem Zusammenwirken doch eine Variation in der Bildung herauskommen? Wenn die Reihenfolge, in der die einzelnen Or-

¹⁾ Gaule, J., Über den periodischen Ablauf des Lebens. Pfl. Arch. 87, 1901.

gane an der Bildung Anteil nehmen, sich ändert. Das Zusammenwirken aber muß uns noch auf das bringen, was wir auch schon früher erwähnt haben und was uns als das zweite bestimmende Merkmal bei der Bildung der Blutkörperchen erscheint. Die Abgabe der Blutkörperchen an das zirkulierende Blut ist doch auch eine Erscheinung der innern Sekretion.

In dem Kapitel über innere Sekretion haben wir an Hand der Akromegalie über die Beziehungen des Blutes zum Wachstum gesprochen. Hier auf der anderen Seite begegnet uns die Rolle für die Bildung der Geschlechtsprodukte. Wir haben dieselben in einen Gegensatz gebracht zwischen dem individuellen und dem geschlechtlichen Haushalt. Kann beides gleichzeitig richtig sein? Und wenn die Blutkörperchen die Geschlechtsprodukte aufbauen, so können sie doch nicht bloß dem Hyphoid angehören, sondern sie müssen auch an dem Haushalt der Zooide Anteil nehmen. Deutet auf das letztere nicht auch ihre Beziehung zur Leber, die eine Zoidbildung ist, hin? Und haben wir nicht andererseits in den geschlechtlichen Unterschieden der Leber¹⁾ gerade eine Beziehung zu der geschlechtlichen Natur der Blutkörperchen? Auch die Bindegewebsorgane der Blutbildung, die Milz²⁾ und die Knochen³⁾, zeigen diese geschlechtlichen Unterschiede, während andererseits wieder die Anpassung der Veränderungen im Gewicht der Milz⁴⁾ und der Knochen⁵⁾ an die Jahreszeiten zeigen, wie sich deren Bildung dem individuellen Haushalt, d. h. der Ernährung und dem Wachstum anpaßt. So zeigt sich an Hand der Blutkörperchenbildung und -zerstörung, wie eine enge Verbindung zwischen individuellem und geschlechtlichem Haushalt, zwischen Hyphoid und Zoid besteht und daß die Blutkörperchen eines der Verbindungsglieder zwischen beiden sind. Im Grunde ist das auch nicht anders zu erwarten, da

¹⁾ Gaule, A., Die geschlechtlichen Unterschiede in der Leber des Frosches. Pfl. Arch. 84, 1907.

²⁾ Gaule, A., Biological Changes in the spleen of the frog, Journ. of Morphology VIII, 1893.

³⁾ Lämmel, R., Über periodische Variationen in Organismen. Biol. Centr.-Bl. 1902.

⁴⁾ Gaule, J., Die Veränderungen des Froschorganismus während des Jahres. Pfl. Arch. 87, 1901.

⁵⁾ Lämmel, R., a. a. O.

Zooide und Hypchoide zu einem Organismus verbunden sind, da von dem inneren Keimblatt, von der Ca-Zooide aus, dieser Organismus aufgebaut wird. Das Blut bildet die Eingangspforte, durch die die Nahrung den verschiedenen Teilen des Organismus mitgeteilt wird, und es bildet auch wieder die Ausgangspforte, durch die diese Teile die Fortpflanzungsorgane bilden. Was zwischen diesen Teilen, die alle aus den Symbioten entstehen, vorgeht, das muß eben auf dem, was ich die Verschiebung genannt habe, beruhen. Sowohl den individuellen wie den geschlechtlichen Haushalt muß diese Verschiebung begründen. Und auf ihrer Umwandlung des Verhältnisses des Symbioten zu dem Verhältnis des Geschlechtes beruht auch die Teilung, die Karyokinese, durch die die Blutkörperchen, wie die anderen Zellen sich vermehren. Ihr Material wird gebildet von den Symbioten, sobald sie aber aus Bioradikalen der Symbioten zu Bioradikalen des Wirbeltierorganismus geworden, tritt dieser neue, der geschlechtliche Vorgang ein. Worauf beruht derselbe, die Verschiebung zwischen den Symbioten? Ich muß mich zunächst mit den beiden Arten von Zentralisation beschäftigen, um das deutlich machen zu können.

8. Kapitel. Stoffwechsel.

Die Masse von Material, welche durch den lebenden Organismus passiert und deren Veränderungen wir unter dem Namen Stoffwechsel begreifen, kann man unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachten. Zunächst kann man sich denken, die von fremden Lebewesen gebildeten Biatome werden zunächst zerlegt mit Hilfe der Fermente. Aus den resultierenden Gruppen bauen dann die Symbioten ihren eigentümlichen Zyklus wieder auf, natürlich muß dabei eine Auswahl stattfinden. Dieser Symbiot braucht für seine Biatome dieses, jener jenes. Was nicht paßt, wird wieder ausgeschieden. Aus dieser Auslese, die die mannigfachen Symbioten für ihren Zyklus treffen, kann man sich manche Verschiedenheiten in den Ausscheidungen erklären. Aber man kann auch weiter gehen. Man kann sagen, die

äußeren Kräfte verändern den Organismus fortwährend. Es bildet sich der resultierende gemeinschaftliche Zyklus. Derselbe erhält sich mit Hilfe der zugeführten Nahrung. Die Beantwortung der äußeren Kräfte durch den Organismus führt zur Überwindung der Widerstände in der Umgebung und endigt mit der Zufuhr der Nahrung. In jene Kette von Umsetzungen, die aus der Störung der Zyklen und ihre Wiederherstellung unter Zuhilfenahme der Nahrung entstehen, greift fortwährend die Atmung und der zugeführte Sauerstoff ein. Durch die Oxydation kommt es zur Kräfteentwicklung und zur Bildung von Oxydationsprodukten, die in die Zyklen nicht hineinpassen und ausgeschieden werden müssen. Aber auch diese Vorstellung trifft noch nicht die Tatsache, wie sie im Lichte unserer Erfahrung dasteht. Es werden nicht bloß die Zyklen vollendet, wie wir seither angenommen. Aus einem Paar Geschlechtsprodukten erwächst der Organismus, und er bildet ungezählte der einen oder andern Art. Das ist nicht einfach ein Zyklus, er greift weit darüber hinaus. Man kann sich diesem Stoffwechsel gegenüber nicht bloß auf den Standpunkt stellen, daß durch die äußeren Kräfte die Körperoberfläche verändert wird, und daß diese Zyklen wiederhergestellt werden müssen. Und doch ist dieser Standpunkt ganz richtig, aber es muß etwas Neues hinzukommen. Man kann nicht im Zweifel sein, daß dieses Neue veranlaßt sein muß durch die Kräfte der Außenwelt. Der Organismus, welcher den Stoffwechsel ausführt, ist geformt aus den Zyklen der Symbioten, durch die Kräfte der Außenwelt. Vor allem, er wird dadurch zentralisiert. Alle die verschiedenen Zyklen sind so ineinander gewoben, daß sie nur einen einzigen Zyklus auszumachen haben, den sie alle durchlaufen, um sich im einzelnen zu vollenden. Gerade die Zusammenhänge der Symbioten sind es, welche ein Lebewesen und damit dessen Stoffwechsel charakterisieren. In den vorausgegangenen Kapiteln habe ich eine Vorstellung entwickelt, wie die Zusammenhänge verschiedener Symbioten, der Zooide und des Hyphoids, mit abhängen von den Zusammenhängen der verschiedenen Systeme der gleichen Symbioten, wie ferner die Blutkörperchen entstehen, von den Zusammenhängen der verschiedenen Systeme ausgehend, und wie wir vermuten, daß die Geschlechtsprodukte uns eine höhere

Stufe des Zusammenhangs der Zusammenhänge darstellen. Von der ursprünglichen Molekülgruppe, welche in der Nahrung dem Organismus zugeführt wird, bis zu der Bildung dieser Geschlechtsprodukte den Weg zu überblicken, ist Aufgabe des Stoffwechsels. Wenn wir versuchen, dies zu tun, werden wir fortwährend der Einmischung der äußeren Kräfte begegnen. Es ist die Einmischung, welche die Zusammenhänge der einzelnen Systeme bedingt, welche damit die Bildung der Blutkörperchen und der Geschlechtsprodukte bedingt. Aber gegenüber dieser Einmischung der äußeren Kräfte handelt es sich um eine Aufrechterhaltung des Organismus. Innere Kräfte müssen den äußeren begegnen, und damit diese gewonnen werden, muß es zu einer Sättigung der Affinitäten von C und H zu dem O, damit zu einer Abspaltung von CO_2 und H_2O aus dem Zyklus kommen. Auf der andern Seite wissen wir, wie der N, ohne seine Affinität zu dem O geltend zu machen, in Verbindung mit dem H als Imid, Amid, oder Aminosäure oder in einem Ring ausgeschieden wird, und wir leiten das ab von einem zeitlich oder örtlich nicht gelungenen Zusammentreffen mit den entsprechenden C- und H haltigen Verbindungen, welches ihm das abermalige Durchlaufen des Lebenszyklus gestattet hätte. Das Erscheinen von CO_2 , von H_2O , von NH_3 in seinen verschiedenen Formen als Auswurfstoffe erscheint uns daher nicht charakteristisch für den Stoffwechsel. Es kommt den Biatomen resp. Biomolekülen im allgemeinen zu. Anders ist es mit höher organisierten Gruppen, wie sie in der Galle auftreten und wie sie als Gallenfarbstoffe und Anhydride der Cholsäure in die Exkremente übergehen. Schon die Pigmente sind charakteristisch für eine besondere Art Lebewesen, und in den Gallenfarbstoffen haben wir den Spaltling des für den Wirbeltierorganismus charakteristischen Grundpigmentes, des Hämamins. Der erste Band zeigt, wie eine Anzahl Hämopyrrole in dem Hämatin durch das Eisen zusammengehalten werden. Das Pyrrol wird wiedergefunden in den verschiedensten Lebewesen, als Grundlage der Farbstoffe. Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir seine Bildung dem Symbioten zuschreiben, den wir in den verschiedenen Lebewesen, welche Farbstoffe bilden, finden, nämlich dem Hyphoid. Warum wir aber in dem Wirbeltierorganismus in dem Hämoglobin

den Pyrrolkern viermal finden, kommt daher, daß die Blutkörperchen hervorgehen aus den Zusammenhängen innerhalb des Hyphoids, und diese Zusammenhänge charakterisieren sich durch das Aneinanderfügen einer Anzahl der Pyrrole im Hämoglobin. Das Eisen, welches innerhalb des einzelnen Hyphoids dazu dient, die Pyrrolgruppe zu bilden, wird innerhalb der Zusammenhänge dazu dienen, aus einer Anzahl Pyrrolgruppen ein Hämatin zu bilden. Das Hämatin selbst wird in der Leber wieder gespalten, indem ihm das Eisen entzogen wird. Wir sagten, es ist der Übergang der Leberzelle aus der Gruppierung für die äußere in die Gruppierung für die innere Sekretion, welche die Ausscheidung verursacht. Aber um die Spaltung selbst auszuführen, bedarf die Leberzelle noch eines Hilfsmittels. Das ist gegeben in dem andern Stoff, den die Galle mit den Farbstoffen enthält, der Cholsäure. Sie ist die Grundlage der Gallensäuren, welche vor allem durch ihre Fähigkeit bekannt sind, die Blutkörperchen aufzulösen. Dieser Körper oder vielleicht die Vorstufe, aus der er entsteht, wirkt dem Eisen gerade entgegengesetzt. Wie jener die Pyrrole vereinigt, so trennt dieser sie voneinander. Und wie die Umgruppierung der Leberzelle aus der äußeren zur inneren Sekretion die Ausscheidung der Gallenfarbstoffe, so bewirkt die entgegengesetzte Umgruppierung die Ausscheidung der Gallensäuren. Das eine ist eine Tat der Auflösung der Zusammenhänge, die im Organismus existieren, das andere der Herstellung derselben. Beide sind aber aufs innigste miteinander verknüpft.

IV. Unterabteilung. Zentralisation.

I. Kapitel. Zusammenhang.

Oft genug haben wir gehört, daß jeder Symbiot im Organismus seinen Zyklus durchläuft, und daß doch wieder alle die Einzelzyklen zusammen den Zyklus des Organismus bilden. Wir möchten jetzt einmal wissen, wie das eigentlich geschieht. Drei Symbioten haben wir, zwei Zooide und das Hyphoid, und vier Zyklen, denn das Hyphoid hat den geschlechtlichen und den un-

geschlechtlichen Zyklus. Dann ist der Hyphoid doppelt vorhanden als zentripetales und zentrifugales. Ist es nur doppelt in diesen zwei Formen vorhanden? Hat nicht schon Verschiedenes, z. B. die histologische Struktur der Nerven, darauf hingedeutet, daß es dreifach und zwar jedesmal in den beiden Formen zentripetal und zentrifugal vorhanden sei, also eigentlich sechsfach, aber in drei verschiedenen Ebenen. Wenn das nun der Fall ist, wie können die drei verschiedenen Hyphoide zusammenhängen? Als Hyphoide doch sicher nicht, denn wir kennen kein Beispiel, wo, aus einer Ebene in die darauf Senkrechte übergehend, ein solcher Zusammenhang geschieht. Freilich geschehen Übergänge von einer Hyphe in die andere unter solchen Drehungen, aber das ist dann dasselbe Hyphoid. Wenn zwei Hyphoide einen solchen Zusammenhang haben sollten, da doch jedes alle drei Koordinatenebenen in seinen verschiedenen Bildungen durchläuft, ist es, als ob der Anfang, und das ist die Oberfläche des Wassers, für das eine um 90° gegen das andere gedreht wäre. Zusammenhängen aber müssen die Hyphoide, wenn das, was ich voranstellte, richtig ist, daß in dem Gesamtzyklus alle Einzelzyklen durchlaufen werden müssen. Dann hängen sie eben durch die Zooide zusammen. Über einen Zusammenhang des zentripetalen und zentrifugalen Stückes desselben Hyphoides, d. h. des Hyphoides in derselben Ebene haben wir schon etwas gehört. Bei Gelegenheit der Bildung der Blutgefäße und der Blutkörperchen sprachen wir von einer solchen Bildung. Das einmal geschah eine solche Verbindung durch die zweiten Lebensstadien der Zooide, die in den Epithelzellen der primären Keimblätter sich befanden, das andere war eine Tat der inneren Sekretion. Betrafen nun die beiden Verbindungen Hyphoide in denselben Ebenen? Dann hatten wir uns weiter vorgestellt, daß der Verbindung an der Peripherie eine solche im Zentrum gegenüberstände. Im Zentrum aber liegt das Herz, welches Blutgefäße von allen Seiten empfängt und Blutgefäße nach allen Seiten aussendet. In dieser zentralen Verbindung müssen die Hyphoide aller Ebenen vereinigt sein. Die Wandung der Blutgefäße ist auch nicht einfach, und die des Herzens ist am kompliziertesten. In der Wandung der Arterien unterscheiden wir die Intima, die Media, die Adventitia, gerade wie wir in den Zerebrospinalnerven auch drei Teile unterschieden haben. Das

deutet auf die drei verschiedenen Hyphoide hin, die sich an ihrer Bildung beteiligen, hier wie dort. Der Zusammenhang zwischen all den einzelnen Geweben des Wirbeltierorganismus beginnt deutlicher zu werden. Man beginnt zu verstehen, wie dieselben alle durchlaufen werden können, wenn der Gesamtzyklus sich vollzieht. Auf der andern Seite, wenn man sieht, wie an jedem Gefäßrohr, an jeder Nervenfaser sich die verschiedenen Hyphoide beteiligen, und wenn man deren Zusammenwirken und Zusammenhang aus der Interferenz der Zooide ableitet, so kommt man zu der Frage zurück, wie ist ein Zusammenhang zwischen Hyphoiden und Zoiden überhaupt möglich? Zweierlei Zusammenhänge haben wir schon kennen gelernt, den im Biatom zwischen oxydierenden und reduzierenden Substanzen durch P und S, und den im Biomolekül zwischen zusammenfassenden und zusammengefaßten Bioradikalen durch die anorganischen Substanzen. Wir haben ferner gehört, daß Hyploid und Zoid sich verschieden verhalten. Wie das erstere wesentlich die reduzierenden, das letztere die oxydierenden Eigenschaften der organischen Gruppen ausnutzt, so ist auch das Verhalten zu den anorganischen Substanzen verschieden. Kann das dazu dienen, die Verbindung zwischen Hyploid und Zoid zu erkennen? Die Hyphoide werden wesentlich den Nukleinzweig des Biatoms ausbilden, und daher wird der P den Zusammenhang ihrer organischen Gruppe besorgen, die Zooide dagegen den Eiweißzweig mit dem S. Die Zooide, sahen wir, scheiden aus den zusammenfassenden Bioradikalen die anorganischen Gruppen in der Mitte anorganisch aus, und an der Oberfläche sind sie organisch gebunden. Bei den Hyphoiden muß es demnach umgekehrt sein, in der Mitte sind sie organisch gebunden, an der Oberfläche anorganisch ausgeschieden. In jedem einzelnen, d. h. in den Zoiden für sich und den Hyphoiden für sich, müssen sich die anorganischen und organischen Gruppen verschieden verhalten. Wenn in den Zoiden die anorganischen Gruppen nach innen gehen, muß der S nach außen gehen, und bei den Hyphoiden muß es mit dem P umgekehrt sein. Wie aber, wenn sie beide zusammen sind, und die Zooide die Zusammenfassende ist? Dann müssen, wenn die Kräfte der Außenwelt auf ihre Oberfläche wirken, ihre anorganischen Substanzen nach innen gehen,

und da müssen sie mit dem P des Hyphoids in Berührung und in Verbindung kommen. Die Verbindung zwischen Hyphoid und Zoid stellt sich her, indem das, was innerhalb des einen den Zusammenhang im Biatom herstellt, sich verbindet mit dem, was innerhalb des anderen den Zusammenhang im Biomolekül herstellt. Das Produkt dieser Verbindung, das $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$, das Trikalziumphosphat der Knochen, dokumentiert all die Kraftwirkungen, die die Außenwelt auf den Organismus ausgeübt hat.

Wenn das nun die Grundlage der Verbindung zwischen Hyphoid und Zoid ist, eine Verbindung, die sich immer und immer wiederholt, so fragt man sich weiter, wie können dann aber die drei Hyphoide mit den zwei Zoiden zusammenhängen, d. h. durch sie immer und immer wieder verbunden werden? Das geht eben nur, weil die Zooide drei Lebensstadien haben. Die drei Lebensstadien sind freilich einander nicht gleich. Aber die Bildungen, die die Hyphoide mit zunehmendem Alter darstellen, das Mycel, die Lufthyphen, die Konidien oder die Geschlechtsprodukte sind es auch nicht. Es brauchen aber nur je zwei Bildungen verschiedener Hyphoide miteinander verbunden zu werden, damit die Hyphoide überhaupt verbunden sind. Die Bildungen verschiedenen Alters desselben Hyphoids hängen ja ohnedies zusammen. Es werden also die verschiedenen Lebensstadien der Zooide dazu dienen, die verschiedenen Bildungen der Hyphoide zu verbinden. Das eine verbindet die Askohyphen, das andere die Askogone, das dritte die Pollinodien. Jetzt beschäftigt uns in bezug auf den Zusammenhang noch eine Frage. Es wurde früher gesagt, daß jedes Bioradikal seinen Zyklus durchlaufen habe, wenn es sich zum Biomolekül entwickelte. Steht das nicht im Widerspruch mit der Tatsache, daß alle Bioradikale im Wirbeltierorganismus zusammenhängen zu dem einen Biomolekül des Ganzen. Aber gewisse Teile gibt es doch, die mit den anderen nicht zusammenhängen, die zwischen sich und den anderen eine wässrige Flüssigkeit liegen haben. Das sind die Blutkörperchen. Sind die Blutkörperchen dann die selbständig gewordenen Biomoleküle für alle die verschiedenen Symbioten? Sie sind Biomoleküle mit Bezug auf den Wirbeltierorganismus, d. h. aus dessen Radikalen entstanden. Wir sehen in ihnen die Hyphoide und Zooide nicht, aber es wurde auch nir-

gends gefordert, daß diese Symbioten auf einmal als Ganzes den Zyklus durchlaufen mußten. Wie aber sowohl Hypoide wie Zooide zusammenhängen und an der Bildung der Blutkörperchen sich beteiligen, haben wir eben gesehen.

2. Kapitel. Wie vollzieht sich die Zentralisation?

Bei den Betrachtungen des vorigen Kapitels muß der Leser der früheren Abschnitte unter anderen eines vermißt haben „die aktive Gruppe“. Bei der Erörterung des Zyklus der Biatome war die Rolle dieser aktiven Gruppe gegenüber den äußeren Kräften in Vordergrund gestellt worden. Sie sollte die eigentlich treibende Kraft in diesem Zyklus darstellen. Jetzt wird die Rolle des Wirbeltierorganismus gegenüber den äußeren Kräften besprochen und alles ist still von der aktiven Gruppe. Wie kann dieser Organismus aus Symbioten und diese Symbioten wieder aus Biatomen bestehen, wenn die aktive Gruppe fehlt? Handelt es sich wirklich darum, die Kontinuität der ersten und zweiten Abteilung dieses Bandes den Aufbau des Wirbeltiers aus den einfachsten Elementen des Lebewesens nachzuweisen oder nicht?

Aber fehlt die aktive Gruppe wirklich oder nur scheinbar? Wir haben gesehen, den äußeren Kräften ausgesetzt sind die Zellen, welche Verbindungen von Hyploid und Zoid darstellen. Die in ihnen enthaltenen Affinitäten sättigen sich gegenseitig. Ein Zeichen davon ist, daß diese Zellen ruhen. Es kommen die äußeren Kräfte und stören diese Verbindung. Sie bewirken den Zerfall von Hyploid und Zoid und machen diese Symbioten lebendig. Indem sie dieses tun, restituieren sie in den Symbioten auch die aktiven Gruppen. Solange die Verbindung da ist, müssen die aktiven Gruppen der beiderlei Symbioten sich gegenseitig neutralisieren. Die eine wird dem oxydierenden, die andere dem reduzierenden Symbioten angehören, sie wirken aufeinander und halten sich das Gleichgewicht. Jetzt erfolgt die Trennung und jede aktive Gruppe treibt zur Wanderung in den Bahnen, die dem Symbioten angehören. Die dem oxydierenden Symbioten angehörende Gruppe wandert in den Nerven. Wir haben auch schon gesagt, daß sie dies tut, indem sie von Ort zu Ort in dem

Nerven das Gleichgewicht stört. Der Nerv besteht auch aus Zellen, d. h. Verbindungen von Hyphoid und Zooid. Jede solche Verbindung wird durch das Hinzutreten der aktiven Gruppe von der Peripherie her gestört, und jede muß diese Störung nach dem Zentrum zu wieder ausgleichen durch Abgabe der entsprechenden Gruppe. Endlich gelangt auf diese Weise die Gruppe hinein ins Zentralnervensystem. Die erste Möglichkeit ist, wie wir schon früher sahen, daß sie in eine Ganglienzelle der Spinalganglien hineingelangt. Auch diese sind Zellen des äußeren Keimblattes, also Verbindungen von Hyphoid und Zooid. Auch in ihnen wird durch das Hinzutreten der aktiven Gruppe dieses Gleichgewicht gestört. Sie können das nicht einfach wie im Verlauf des Nerven an die nächste Zelle weitergeben. In ihnen muß sich das wiederholen, was sich an der Peripherie vollzog, Zooid und Hyphoid müssen sich ihre Bahnen suchen. Aber das vollzieht sich jetzt auf etwas anderen Wegen als an der Peripherie. Nicht wurzelt auf der Zelle der Nerv, nicht diese selbst auf dem Bindegewebe. Für das erstere sind die zentripetalen Fortsätze der Zelle die gegebene Bahn, für das letztere die Umgebung.

Was bedeutet das? In den Fortsätzen wandert das Zooid. Es wandert, wie uns die Physiologie lehrt¹⁾, zu den nächst gelegenen protoplasmatischen Fortsätzen der multipolaren motorischen Zellen. Diese selbst aber sind wieder, wie unsere Theorie uns sagt, die zentralen Enden der auf den Muskeln errichteten Lufthyphen. Jede motorische Ganglienzelle, so wissen wir weiter aus Birge's Zählungen²⁾, entspricht einer motorischen Nervenfasern und diese wieder entsprechend Krause's³⁾ Zählungen einer wechselnden Anzahl von Muskelfasern. Von den sensiblen zu den motorischen Ganglienzellen wandert die Zooidgruppe, um die beiden Zooidhälften zu verbinden. Was eine einzige Epithelzelle traf, mag eine ganze Anzahl Muskelfasern in Bewegung setzen. Es kommt nur auf die Menge der Molekülgruppen an, welche bei der Strömung frei wurden, d. h. auf die Stärke der Kraft,

¹⁾ Kritik der Erfahrung vom Leben. I. 166.

²⁾ Birge, E. A., Zahl der Nervenfasern und der motor. Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches. Arch. f. A. u. P. Phys. Abt. August 1882.

³⁾ Krause, Th., Handbuch der menschlichen Anatomic. 3. Aufl. bearb. von W. Krause.

welche die Verbindung von Hyploid und Zooid an der Peripherie zerstörte. Aber diese Zentralisation ist nur eine ganz oberflächliche im Verhältnis zu einer andern, die sich aus der Betrachtung des Zentralnervensystems sofort ergibt. Die von den sensiblen Zellen ausgehenden Zooidgruppen gehen auf die nächstgelegenen motorischen Zellen über. Ein Widerstand hindert sie an der Ausbreitung. Die nächstgelegenen motorischen Zellen aber regen diejenigen Muskeln zur Kontraktion an, welche zweckmäßige Abwehrbewegungen ausführen. Was heißt das?

Abwehr meint Wegnahme des Reizes, durch Veränderung des Ortes oder durch Entwicklung entgegengesetzt gerichteter Kräfte. Zweckmäßig aber meint, was zur Erhaltung des Lebens dient. Es müssen also solche Zooidhälften untereinander verbunden werden können, daß der ganze Organismus sein Leben durch diese Verbindung erhält. Das Nervensystem muß aufgebaut sein mit Rücksicht auf die Kräfte, welche in der Umgebung herrschen, an die das lebende Wesen akklimatisiert ist. Und dieser ganze Aufbau hat den Zweck, daß eine Beziehung zwischen den äußeren und den inneren Kräften herrscht, bei der der Zyklus des Lebens sich erhält.

Es gilt das für den Wirbeltierorganismus, wie es gegolten hat für das Biatom. Alle Biatome sind nur durch die Organe, welche sich ausbilden und durch die Art ihrer Zusammenfügung zentralisiert. Freilich trennt uns immer noch ein weiter Schritt, um neben dieser Zentralisierung gegenüber der Außenwelt auch diejenige einzusehen, welche die Weiterführung des Zyklus bedingt. Da ist zunächst der Widerstand, der zwischen den zentripetalen Enden und den zentrifugalen Anfängen eingeschaltet ist. Wir sprachen von ihm, insofern er die Ausbreitung der mit den sensiblen Nerven eintreffenden aktiven Gruppen hindert. Nur auf dem kürzesten Wege, d. h. mit der geringst möglichen Einschaltung des Widerstandes und bei einer gewissen Stärke der Gruppen können dieselben die protoplasmatischen Fortsätze erreichen und so Zooidhälfte mit Zooidhälfte verbinden. Dieser Widerstand hat eine doppelte Bedeutung. Erstens weist er diese aktiven Gruppen auf einen bestimmten Weg und zweitens schafft er dem Organismus eine Schwelle für die Kräfte der Außenwelt, die noch seinen Lebensprozeß beeinflussen. Er trennt

das, was subliminal ist, von dem, was supraliminal ist, was die Schwelle überschreitet. Offenbar nimmt dieser Widerstand etwas von den Affinitäten weg, die die im Zentralnervensystem eintreffenden Gruppen haben. Er sättigt deren Affinitäten, er wirkt wie das Hyploid, er ist Hyploid.

Es ist nicht anderes als der Teil des Hyploids, in den diese Ganglienzellen eingebettet sind, nicht Lufthyphen, nicht Askohyphen, aber Mycel der ungeschlechtlichen Generation. Aber haben wir nicht vorhin auch angenommen, daß an diese Umgebung das Hyploid aus den Ganglienzellen abgegeben werde und daß es seinen Weg zum Sympathikus fände? Im Sympathikus aber haben wir die Verbindung der beiden Hälften des Ca-Zooids. Die eine Hälfte dieses Ca-Zooids ist in den glatten Muskeln vorhanden. Diese umschlingen teilweise als Ringmuskeln die Gefäße und wenn sie sich kontrahieren, erhöhen sie den Blutdruck. Wenn wir daher erfahren, daß mit den Reflexbewegungen sich auch Veränderungen des Blutdrucks verbinden, so schließen wir, der Reiz geht nicht bloß auf die motorischen Ganglienzellen, sondern auch auf die Sympathikuszellen über. Ist das erstere beruhend auf einer Wanderung des Si-Zooids von einer Hälfte zur andern, so fragen wir uns jetzt, wie kommt auch das Ca-Zooid ins Spiel? Es steht, wie wir bereits bei der Gelegenheit der Keimblätter erfahren, in einem gewissen Gegensatz zu dem Si-Zooid. Es sucht den Sympathikus auf, wie jenes die Zerebrospinalnerven. Daher ist der Sympathikus so gut gleichzeitig Verbindung von Zooidenhälften wie Lufthyphie des Hyploids, wie die Zerebrospinalnerven auch.

In beiden Arten von Zellen sind die Hyploidteile mit den Zooidteilen verbunden. Aus der Spinalganglienzelle ist das Zooid durch die Fortsätze des Hyploids in die Umgebung ausgetreten. Diese Umgebung selbst ist von der ungeschlechtlichen Generation des Hyploids gebildet. In ihr steckt auch die Sympathikusganglienzelle. Nun liegt eine doppelte Möglichkeit vor. Entweder von dieser ungeschlechtlichen Generation kann der Ganglienzelle durch die zentripetalen Fasern des Sympathikus etwas zugeleitet werden. Für diese Möglichkeit fehlt uns als Zwischenglied das Konidium. Die andere Möglichkeit wäre die, daß der Sympathikus von seiner Eigenschaft als Hyploid-

teil Gebrauch macht, und daß das, was die Spinalganglienzelle an die Umgebung ausstößt, von der Sympathikuszelle direkt aufgenommen wird. Wenn die eine das Askogon, die andere das Pollinodium enthält, muß zwischen beiden eine gewisse innere Beziehung entstehen. Das was die eine Zelle ausstößt, muß eine solche Beschaffenheit haben, daß nur eine ganz bestimmte Sympathikuszelle es aufnehmen kann. Hat die es aber aufgenommen, dann wird hierdurch nicht wieder das Gleichgewicht zwischen Hypheid und Zooid gestört. Dann muß sich diese Gleichgewichtsstörung durch die zentrifugalen Fasern auf die Muskeln der Gefäße fortpflanzen, und es muß zu einer Änderung des Blutdrucks kommen und zu einer Veränderung in der Weite der Gefäße, welche gerade dem Vorgang in dem Si-Zooid angepaßt ist. Auch hier zeigt sich die Zentralisation. Wie gerade der Übergang von der sensiblen auf die motorische Ganglienzelle zweckmäßige Bewegungen hervorrufen muß, so der Übergang von der sensiblen auf die Sympathikuszelle eine zweckmäßige Verteilung des Blutes. Mit diesem Übergang ist der innere Zusammenhang um einen Schritt weiter vorgerückt. Jetzt sind nicht bloß zentripetale und zentrifugale Teile verbunden, jetzt hat auch das Si-Zooid auf das Ca-Zooid eingewirkt. Und diese Einwirkung ist durch den Übergang von Askogon auf das Pollinodium geschehen. Das Hypheid im Zentralnervensystem hat den Vermittler zwischen den beiden Zooiden gebildet. Gibt es auch einen Übergang in entgegengesetztem Sinne im Zentralnervensystem?

Man kann auf diese Frage keine deutliche Antwort bekommen, wenn man sich die Sache zu einfach vorstellt. Der ganze Übergang von Ganglienzelle zu Ganglienzelle beschränkt sich nicht bloß auf die Nerven. Der Einfluß eines Reflexes auf den Blutdruck, auf die Atmung beweisen uns das in einer Weise, die wir graphisch registrieren können. Viele andere Einflüsse, die wir nicht registrieren, entgehen unserer wissenschaftlichen Beobachtung. Im Sinne unserer Auffassung durchläuft eine Welle, die von der plötzlichen Änderung der äußeren Kräfte herkommt, alle Symbioten. Das ist der Sinn der Zentralisation, daß alle Symbioten beteiligt werden. Ich habe mich bemüht, zu zeigen, wie die Nerven und die Ganglienzellen sowohl dem Hypheid wie dem Zooid angehören. Aber auch die verschiedenen Gene-

rationen des Hyphoids wie die verschiedenen Lebensstadien der Zooide werden sich beteiligen. So werden auch Blut und Bindegewebe intervenieren. Und gerade deren Eingreifen ist es zu danken, daß auch ein ganz anderer Übergang als in den einzellebenden, für sich existierenden Symbioten möglich ist. Denn hier sind die Symbioten Teile des Wirbeltierorganismus. Es hat zwischen ihnen eine Verschiebung stattgefunden, sagte ich bereits; auf dieser Verschiebung beruht die Entstehung der neuen Gebilde, die wir im Organismus sehen, der Zellen, der Nerven, der Blutgefäße. Auf dieser Verschiebung beruht die Zentralisation. Diese Verschiebung wird durch die plötzliche Änderung der äußeren Kräfte erschüttert. Durch den Organismus hindurch geht ein Austausch zwischen den einzelnen Symbioten, damit ein Weiterleben derselben.

3. Kapitel. Die Unvollständigkeit der Symbioten.

Gerade der Schluß des letzten Kapitels muß uns zweifeln machen, ob die seitherige Darstellung die richtige war. Wir lernten im letzten Kapitel, wie etwas vom Askogon ins Pollinodium übergeht, und wir erklärten uns das so, es handelt sich um den Übergang von der sensiblen Spinalganglienzelle in die Sympathikusganglienzelle. In der einen steckt das Askogon, in der anderen das Pollinodium, aber daneben stecken darin Vermittler, die Teile der Zooide. Jetzt erhebt sich die Frage: Gibt es auch einen parallelen Vorgang, des Übergangs vom Sympathikus auf die Spinalganglienzelle? So sehr man danach auch sucht, findet man nichts Derartiges. Man sieht ein, daß sich der ganze Zusammenhang der Symbioten nicht in der Weise abspielen kann, wie wir es seither vorausgesetzt haben. Wir haben vorausgesetzt, es gäbe im Organismus zwei verschiedene Zooide, das Ca- und das Si-Zooid, und zwei verschiedene Vertreter desselben Hyphoids, von denen das eine zentripetal, das andere zentrifugal angeordnet sei. Ist das nun eigentlich richtig? Das ist richtig und es ist auch wieder nicht richtig. Richtig insofern, als alle diese Symbioten existieren, nicht richtig insofern, als nicht alle diese Symbioten gleichzeitig lebendig sind. Das ist nichts Neues, wird man sagen. Die Trophik hat im Grunde schon das behauptet, und der Aufbau der

Zellen als einer Umgruppierung der Symbioten zu Bioradikalen des Gesamtorganismus sagt im Grunde dasselbe. Gerade, wenn wir aber den Faden verfolgen wollen, den der Zyklus des Gesamtorganismus darbietet und wenn wir in diesem Faden den Anteil des einzelnen Symbioten verfolgen wollen, sehen wir, wie dieser Symbiot bald auftaucht, bald verschwindet. So sehen wir z. B., wie unter dem Einfluß der äußeren Kräfte die beiden Hälften des ersten Lebensstadiums der Zooide verbunden werden. Die eine Hälfte steckt in einem primitiven Keimblatt, die andere Hälfte stammt von dem mittleren Keimblatt. Also die beiden Hälften sind einander doch nicht gleich in bezug auf die Abstammung. Und welche Differenz in bezug auf Erscheinung zwischen Epithelzelle und Muskel? Beide sind umgruppiert, aber in ganz verschiedener Weise. Kann man da überhaupt von einem Symbioten sprechen. Etwas liegt zwischen den beiden Hälften, sowohl der Abstammung nach in bezug auf die Keimblätter, wie im fertigen Organismus. Das ist das Hyphoid, welches dazwischen liegt. Das Hyphoid bildet den Muskel, und es entsteht auf der Epithelzelle. Die eine Hälfte des Zooids geht über in den Nerven in die geschlechtliche Generation des Hyphoids, und die andere Hälfte des Zooids entsteht aus der ungeschlechtlichen Generation des Hyphoids.

Die Askohyphen, die Blutgefäße ihrerseits gehen hervor aus den Endothelzellen, den zweiten Lebensstadien des Ca-Zooids und die weißen Blutkörperchen aus den zweiten Lebensstadien des Si-Zooids. Die einen staken in den Epithelzellen des inneren Keimblattes, die andern in denen des äußeren. Damit dies zweite Lebensstadium gebildet werden konnte, mußte das erste Lebensstadium durchlaufen sein. Die beiden Zooidenhälften mußten sich vereinigt haben, zwischen ihnen lag das Hyphoid, dann konnte sich das zweite Lebensstadium entwickeln und wieder das Hyphoid bilden. Das ist eine gegenseitige Abhängigkeit. Das Hyphoid bildet die eine Hälfte des ersten Lebensstadiums der Zooide, die beiden Hälften derselben vereinigt, bilden wieder einen Teil des Hyphoids. Wir haben weiter gesehen, wenn dieser Teil des Hyphoids gebildet wird, so werden dadurch die beiden Vertreter des Hyphoids vereinigt. Wenn nun der Organismus noch in den ersten embryonalen Stadien ist, was bedeutet die Vereinigung

da? Da muß der eine Vertreter gebildet werden, entweder der zentrifugale oder der zentripetale. Wir haben nun folgendes vor uns: Die eine Hälfte der Zooide wird von dem Hyphoid gebildet. Der eine Vertreter des Hyphoids wird von den Zooiden gebildet. Zwischen beiden steht auf der einen Seite die Epithelzelle, auf der anderen Seite der Muskel. Das kann nur so interpretiert werden, der eine Vertreter des Hyphoids ist gleichwertig mit der einen Hälfte der beiden Zooiden. Beide Zooidenhälften zusammen genommen geben ein Hyphoid. Alles, was wir seither gesehen haben, stimmt mit dieser Auffassung überein. Der ganze Organismus geht aus Zellen hervor. In den Zellen findet sich die Umgruppierung zwischen Hyphoid und Zooid. Die äußeren Kräfte bewirken eine Zersetzung zwischen beiden. Unter ihrem Einfluß bilden sich die entsprechenden Bahnen aus. Eine aktive Gruppe durchwandert in der Zeiteinheit den Organismus. Auf ihrer Bahn findet die Ausbildung der Symbioten statt. Auf ihrer Bahn kann aus den Zellen die Umgruppierung zum Hyphoid oder Zooid entstehen.

Die Unvollständigkeit dieser Symbioten sehen wir erst ein, wenn wir uns den ganzen Organismus aus ihnen aufbauen wollen, um nach dem Durchlaufen aller Bahnen bei den Geschlechtsprodukten zu endigen. Welche Bahnen werden als Zooid und welche als Hyphoid durchlaufen? Ist das bei beiden Geschlechtern gleich? Wenn es z. B. im Zentralnervensystem zu einer Befruchtung des Askogons in der Spinalganglienzelle durch das Pollinodium im Sympathikus kommt, hat das bei Männchen und Weibchen des Wirbeltiers dieselbe Folge? Oder kommt es gar nicht in der Weise, welche wir voraussetzen, zu einer solchen Befruchtung? Ist die Voraussetzung, die wir über den Aufbau des Zentralnervensystems, als eines gewissermaßen symmetrischen Vorgangs überhaupt richtig, wenn wir nicht die Zellen, sondern die Symbioten ins Auge fassen? Etwas, was wir im vorigen Kapitel lernten, sollte uns darin irre machen. Wir sprachen da von einer Zusammenordnung der zentripetalen Enden und der zentrifugalen Anfänge der Zerebrospinalnerven, welche die Zweckmäßigkeit der Bewegung hervorrufe. Nun soll nach unseren früheren Betrachtungen der zentrifugale Nerv sich auf dem Muskel erhalten und zum Zentralnervensystem hinwachsen,

wie der zentripetale Nerv auf der Epithelzelle. So lehren die Beobachter der embryonalen Entwicklung zum Teil. Die anderen behaupten das Gegenteil. Sollten beide Teile recht haben? Sollte der motorische Nerv sowohl von dem Muskel nach dem Zentralorgan, wie auch umgekehrt wachsen? Mit anderen Worten, sollten sich die einen Substanzen in der einen Richtung, die andern in der andern Richtung aneinander gliedern? Was wir im letzten Kapitel sahen, deutet doch darauf hin, daß vom Zentralnervensystem aus ein gewisser Leitfaden geboten wird. Es wäre sonst nicht verständlich, wie gerade diejenigen Nerven ihre Anfänge im Zentralorgan am nächsten zu den zentripetalen Enden der sensiblen Nerven geordnet haben, welche zweckmäßige Bewegungen veranlassen.

Wenn aber solche Leitfäden existieren, so müssen sie ausgehen von den sensiblen Zellen, und zwar von den Stoffen, die bei der Erregung derselben austreten. Insofern die motorischen Zellen und die motorischen Nerven sich durch diese Stoffe ausbilden, erscheinen sie ausgehend von den sensiblen Zellen. Die protoplasmatischen Fortsätze der multipolaren Ganglienzellen erscheinen mit einemmal als Fußpunkte. Als Fußpunkte von was? Es sind nicht die Zooide, die so wachsen, die Zooide in den motorischen Nerven entstehen auch von den Muskeln her. Es kann nur das Hyphoid sein, was so wächst. Die sensible Ganglienzelle aber enthält das Askogon. Wenn das Askogon befruchtet wird, entwickelt es die Askohyphen. Die Askohyphen wären es, die die Leitfäden bildeten, an denen sich die motorischen Nerven, d. h. die Zoidhälften in ihnen zu den sensiblen Zellen hin entwickelten. Das können nicht die Askohyphen sein, welche wir seither kennen gelernt haben. Diese Askohyphen enthielten die Blutkörperchen, sie waren die Blutgefäße. Die Blutkörperchen aber entstanden bei dem Zusammentreffen des zentrifugalen und zentripetalen Astes der Askohyphen. Ein solches Zusammentreffen haben wir hier nicht. Wir haben das erste Entstehen der Askohyphen vor uns, und dieses erste Entstehen vollzieht sich noch ohne Blutkörperchen.

Wie nennen wir diese ersten Askohyphen? Es sind die Lymphbahnen und Lymphgefäße, wie wir sie dann im Nerven kennen als periaxiale und periphere Lymphräume. Damit nun

aber solche Askohyphen entstehen können, muß das Askogon befruchtet werden. Wird es befruchtet von dem Sympathikus aus? Wir haben uns diese Befruchtung doch als eine ganz zentrale, für den ganzen Organismus geltende vorgestellt. Ist das Zentralnervensystem überhaupt der Ort, wo eine solche zentrale Befruchtung sich vollziehen kann? Muß nicht da mit Rücksicht auf die Vielheit der Ganglienzellen und mit Rücksicht auf die Vielheit des Vorgangs, der von der Peripherie zugeleitet wird, in den einzelnen Übergängen die Befruchtung auf die allerersten Anfänge beschränkt bleiben? Gibt es aber Orte, wo sich eine zentralere Befruchtung vollzieht? Wir müssen da die Entstehung des Organismus zu Hilfe nehmen, um das einzusehen.

Die Unvollständigkeit der Symbioten beruht darauf, daß der eine Symbiot gerade eine Molekülgruppe hat, welche der andere braucht, um seine Bioradikale zu vervollständigen und weiter zu leben. Wir haben dann weiter gesehen, wie die Welle, die von den äußeren Kräften ausgeht und durch die Zentralisation geleitet wird, diese Unvollständigkeit aufhebt und dem Symbioten aus seinem Partner im Wirbeltierorganismus, die Gruppe zuschiebt die er zum Weiterleben braucht. Aber damit ist es nicht zu Ende. Kaum hat sich dieses Weiterleben vollzogen, so muß der Symbiot, der es durchgemacht, wieder eine Gruppe hergeben. So erfordert es der Zyklus, den der ganze Wirbeltierorganismus durchmacht, und die Verbindung, in der in ihm die Symbioten stehen. Diese Gruppe wird aber in letzter Instanz an die Geschlechtsprodukte abgegeben. An Stelle der Unvollständigkeit der Symbioten tritt die Unvollständigkeit der Geschlechtsprodukte, denn eines derselben kann den Organismus nicht erneuern. An Stelle des Gegensatzes der Symbioten tritt aber auch ein neuer, der Gegensatz der Geschlechtsprodukte. Besteht zwischen beiden ein gewisser Zusammenhang?

4. Kapitel. Entstehung.

Wir haben die Entstehung des Wirbeltierorganismus schon besprochen, aber wir haben seitdem über die Symbioten in demselben einiges Neue gelernt. Wir wollen daraus eine An-

zahl Sätze ableiten, an deren Hand wir die Entstehung nochmals wollen Revue passieren lassen. Der erste Satz lautet:

Die Teilung beruht auf dem Gegensatz zwischen Hyphoid und Zooid in bezug auf die anorganischen Substanzen. Wir erinnern uns, daß wir bei den Zooiden zusammenfassende und zusammengefaßte Bioradikale unterschieden. Dieselben verhielten sich entgegengesetzt in bezug auf die anorganischen Substanzen. Die zusammenfassenden Bioradikale enthielten die Bioradikale organisch gebunden, die zusammengefaßten dagegen hatten sie anorganisch ausgeschieden, sie hielten sie nur physikalisch umfaßt. Nehmen wir nun einmal an, das Hyphoid verhielte sich in der Beziehung gerade umgekehrt wie die Zooide. In dem zusammenfassenden Bioradikal des Hyphoids werden also die anorganischen Substanzen anorganisch ausgeschieden, in den zusammengefaßten werden sie organisch gebunden. Nun wissen wir aus den seitherigen Darlegungen dreierlei.

1. Wir wissen, was Teilung ist. Die Symbioten werden dabei in ihre Hälften zerlegt.

2. Die Symbioten sind unvollständig. Von jedem Zooid bleibt nur die eine Hälfte Zooid, die anderen beiden Hälften legen sich zusammen, um den einen Vertreter des Hyphoids zu bilden.

3. Neue Bioradikale entstehen in den Zellen und Bahnen, Bioradikale des Wirbeltierorganismus. Dieselben sind zusammengesetzt aus den Bioradikalen der Symbioten, in den Epithelzellen überwiegen die der Zooide, in den Bahnen die des Hyphoids.

Da nun begreifen wir, warum diese Zerlegung stattfindet, mit andern Worten, warum die Teilung stattfindet. Es ist der Einfluß der äußeren Kräfte, der dies bedingt. Wo ein Reiz ein umfassendes Bioradikal eines Zooids trifft, muß diese die anorganische Gruppe ausscheiden und im zusammengefaßten muß sie organisch binden. Das geschieht bei der Teilung. Ein äußerer Reiz hat das befruchtete Ei getroffen. Die Zooide bestehen aus zwei Hälften. Die eine, welche die anorganische Substanz ausscheidet, wird in der Scheidewand zusammengelegt mit der des andern Zooids zum Hyphoid. Die andere Hälfte, welche die anorganische Substanz aufnimmt, geht in die entstehende Zelle über zusammen mit dem Anteil des Hyphoids, der sich gerade umgekehrt verhält.

Daher sind die Grundsubstanzen der Zellen, die des Hyphoids. Daher ist der Organismus ruhig. Nur wenn eine äußere Kraft ihn trifft, dann spaltet sich die aktive Gruppe ab. Dann geht die vierwertige Verbindung des Si an der äußeren Oberfläche verloren. Es bleiben bloß noch drei C-Atome übrig (vergl. S. 98) und die verbinden sich mit dem dreiwertigen Fe, indem sie dieses organisch binden. Das Si scheidet sich dagegen als Si(OH)_4 anorganisch aus. An der inneren Oberfläche ist es umgekehrt. Dort kommt das Ca zur Ausscheidung, und es wird dagegen MgNH_4 organisch gebunden. Warum geht im äußeren Keimblatt die organische Bindung von der vierwertigen Gruppe auf die dreiwertige, im inneren Keimblatt dagegen von der zweiwertigen auf die dreiwertige, immer unter dem Einflusse des äußeren Reizes? Das hat zweierlei Ursachen, die vielleicht in einem Zusammenhang stehen. Erstens steht chemisch genommen das Ca in einer andern Stellung als das Si, wenn sie beide aus der organischen Bindung frei werden. Das erstere stellt als Ca(OH)_2 eine Base, das letztere als Si(OH)_4 eine Säure dar. Dann ist morphologisch ein Unterschied zwischen dem Ca-Zooid und dem Si-Zooid gegenüber dem Hyphoid, ein Unterschied, der in Erscheinung tritt, sobald Hyphoid und Zooid sich trennen. Das Hyphoid wächst auf dem Si-Zooid und das Ca-Zooid bildet sich in dem Hyphoid. Das Si-Zooid ist also das äußerste, das Ca-Zooid das innerste. Vielleicht hat diese morphologische Differenz mit der chemischen etwas zu tun. Wir stellen uns jetzt auf Grund unseres ersten Satzes den Vorgang so vor:

- a) Die Teilungen erfolgen auf Grund der äußeren Reize.
- b) Bei den Teilungen findet ein Übergang der anorganischen Substanzen aus der organischen Bindung in die anorganische statt.
- c) Solange ein Vorrat von anorganischen Substanzen in organischer Bindung da ist, ereignen sich Teilungen.
- d) Bei jeder Teilung, die zu einem Wachstum des Organismus führt, stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Symbioten her.

Wir kommen nun zu unserem zweiten Satz. Derselbe lautet: „Da, wo die Kreuzung der drei ersten Scheidewände sich findet, da bildet sich das Zentrum des werdenden Organismus.“ Die

drei Scheidewände enthalten die Bahnen des Hyphoids. In ihnen haben sich die Hälften der Zooide zusammengelegt, nachdem was wir eben gehört haben. Das können doch nicht die gleichen Hälften für alle drei Scheidewände sein. Es sind die Hälften der drei Lebensstadien der Zooide, die in den sukzessiv entstehenden Scheidewänden stecken, wie sie selbst einander folgen. Die drei Scheidewände entsprechen dem Blutgefäßsystem, dem zerebrospinalen Nervensystem, dem sympathischen Nervensystem. So behauptete schon der erste Band. Und in diesem Band wurde Gewicht darauf gelegt, daß die Blutgefäße den Askohyphen, das zerebrospinale Nervensystem den Lufthyphen, welche die Askogone, das sympathische Nervensystem den Lufthyphen, welche die Pollinodien tragen, entsprechen. Aber muß da nicht der Widersinn der Behauptung einleuchten, wenn man diese Dinge sich gegenüberstellt. Wie können dann Askohyphen, Askogonhyphen, Pollinodiumhyphen in drei zueinander senkrechten Ebenen stehen? Wie können sie sich kreuzen und an der Kreuzungsstelle ein gemeinsames Zentrum haben?

Müssen denn alle diese Pollinodien, Askogone und Askohyphen demselben Hyphoid angehören? Wenn wir einen freilebenden Hyphenpilz haben, dann müssen die Ebenen für alle Hyphen geregelt sein, durch die Schwerkraft, die Oberfläche des Wassers usw. Aber im Organismus ist man da nicht gerade durch die kolloide Natur des Aufbaues einer Mannigfaltigkeit der Wasserfläche gegenüber? Und herrschen im Organismus nicht Kräfte, welche die Schwerkraft aufheben? Und wenn die verschiedenen Teile des Hyphoids durch Zusammenlegung der Zooidhälften entstehen, können sie sich da nicht in den verschiedenen Ebenen ausbilden? Aber eben diese in den verschiedenen Ebenen gelegenen Teile des Hyphoids sollen doch zusammenhängen. Es muß sich da finden, wo die drei Ebenen sich schneiden. Also führt in jeder Ebene ein Teil der Bahn zu dem Zentrum hin, ein Teil von ihm weg. Wir haben angenommen, wir hätten ein zentripetales und ein zentrifugales Hyphoid. Eigentlich hätten wir sechs Hypoide, in jeder Ebene zwei. Von jedem dieser sechs hätten wir nur einen Teil, einen Drittel. In jeder Ebene hätten wir demnach zwei Drittel eines Hyphoids und von diesen wird die eine Hälfte von den Zooiden, die andere Hälfte von dem Hyphoid

gebildet. Die Vereinigung aller dieser Teile liegt nun in dem gemeinschaftlichen Zentrum. Es kann weder da liegen, wo nur Zerebrospinalnerven und Sympathikus sich treffen, noch da, wo nur Blutgefäße und Sympathikus sich treffen, es kann nur da liegen, wo alle drei sich treffen. Es gibt nur einen solchen Ort im Organismus. Das ist das Herz. Da vereinigen sich Blutgefäße mit Accelerans und Vagus. Und um sich den Einfluß der Nerven auf die Blutgefäße und auf das Herz deutlich zu machen, muß man an die intrakardialen Nervenzentren und an die ganze Kontroverse zwischen myogener und neurogener Theorie der Herzkontraktion denken. Eigentlich zentral sind aber weder die Remak'schen Ganglien am sinus venosus, noch die Bidderschen Ganglien an der Atrioventrikulargrenze. Sie sind es weder ihrer Lage nach, noch nach der Wirkung auf die Herzmuskeln, die, wie man sie auch annehmen mag, jedenfalls einseitig ist. Zentral, die Verbindung von Vagus, Accelerans und dem Herzmuskel darstellend, sind einzig die Ludwigschen¹⁾ Ganglien in der Vorhofscheidewand. In ihnen muß sich die Verbindung der Bahnen, welche den Organismus durchziehen, vollenden.

Wir kommen nun zu unserem dritten Satze: „Die Verbindung zwischen den zentripetalen und zentrifugalen Stücken des Hypheids wird hergestellt durch die Einstülpungen, welche die Blastula erleidet, die Primitivrinne, die Gastrulahöhle und das Coelom.“ Wenn die Teilung den ersten, die Kreuzung der Scheidewände den zweiten Akt darstellt, so ist diese Einstülpung der dritte Akt der Entstehung, mit dem sich die Anlage der Symbioten vollendet. Für die Primitivrinne ist die Verbindung von rechts und links, die Verbindung der zentripetalen und zentrifugalen Askogonhyphe, und die Verbindung der beiden Hälften des Si-Zoids nach dem bereits Gesagten eigentlich selbstverständlich. Ebenso ist es für das Darmrohr bezüglich der Polliodiumhyphen, der Hälften des Ca-Zoids. Nun haben wir die Verbindung vorn und hinten, Mund und After. Inbezug auf das Coelom handelt es sich um die Askohyphen, um den Zusammenschluß von deren zentripetalem und zentrifugalem Stück. Wie wir bei den Askohyphen zwei Verbindungen haben, eine

¹⁾ Ludwig, C., Archiv f. Anat. u. Phys. 1848. 139.

zentrale und eine periphere, so haben wir auch zwei Coelome, ein rechtes und ein linkes, während wir nur eine Primitivrinne und ein Darmrohr haben. Wie kann dieses, rechts und links, der Forderung zentral und peripher entsprechen? Im Grunde gibt es zwei Askohyphensysteme, die man bis jetzt gar nicht unterschieden hat, den großen und den kleinen Kreislauf. Beide sind, wie schon der Name sagt, Kreisläufe, eigentlich sollten sie Kugelläufe heißen, denn sie liegen nicht in einer Ebene, sondern in drei Ebenen, Askohyphen liegen auch nicht in einer Ebene, sondern im Perithecium in drei.

Woher käme nun der tatsächliche Befund, gegenüber dem theoretischen? Jede Kugel können wir auf drei Ebenen zurückführen, wie wir das schon bezüglich des ganzen Organismus getan haben. Aber diese drei Ebenen haben wir in Anspruch genommen für die drei verschiedenen Teile des Hyphoids. Sollen nun in allen drei Ebenen auch Askohyphen vorkommen? Die Inanspruchnahme dieser Ebenen für die besonderen Teile galt doch nur für die drei ersten Teilungen. Bei der folgenden Entwicklung wird jede der drei resp. sechs Hyphoide, von denen ich vorhin sprach, seine Askohyphen, seine Pollinodium- und Askogonhyphen erhalten. Aber die Reihenfolge wird in den verschiedenen Hyphenanteilen nicht die gleiche sein. Wir hätten somit für jedes der Askohyphensysteme eine Entfaltung in den drei Ebenen, einen Kreislauf in einer Kugel.

Warum haben wir zwei? Weil wir ursprünglich ein zentripetales und ein zentrifugales Hyphoid nebeneinander hatten. Warum sind dieselben untereinander verbunden? Das hat zwei Gründe. Erstens könnten zwei Coelome nicht ausreichen, um den zentralen und peripheren Schluß an beiden zu bewerkstelligen, wenn sie getrennt wären. Sind sie aber verbunden, dann kann an dem einen der periphere, an dem andern der zentrale Schluß bewerkstelligt werden. Der zweite Grund ist, daß es zwei verschiedene Arten von Mesenchymzellen gibt. Solche, die das zweite Lebensstadium des Ca-Zooids, und solche, die das zweite Lebensstadium des Si-Zooids enthalten. Das Coelom aber bewirkt den Schluß des Gefäßsystems durch die Mesenchymzellen. Diese selbst aber werden gebildet nach dem Durchlaufen des ersten Lebensstadiums des betreffenden Zooids durch die Inter-

vention der Zerebrospinalnerven oder des Sympathikus. Indem das Coelom dieselben rechts oder links zum Schließen verwendet ist gleichzeitig die Drehung in den Ebenen des Sympathikus oder der Zerebrospinalnerven gegeben.

Die Entstehung des Organismus bietet uns ein doppeltes Schauspiel. Zuerst sehen wir in der Entwicklung das Spiel der inneren Kräfte, welches durch die Wirkung des einen Geschlechtsprodukts auf das andere entfesselt ist. Wir wissen jetzt, das ist die Unvollständigkeit des Symbioten, die das hervorbringt. Ihre Keime sind in den Geschlechtsprodukten enthalten, sie suchen zu leben, und ein Symbiot nimmt dem andern immer weg, was er zur Weiterentwicklung seines Lebens braucht, aber er muß es wieder hergeben, nachdem er die weitere Phase erreicht. Darauf beruhen die Teilungen, so denken wir zuerst. Aber es muß doch auch einen Einfluß auf die äußere Oberfläche des sich entwickelnden Embryos geben, und es muß ein Material geben, das den sich vermehrenden Zellen und Bahnen zugrunde liegt, und zwar ein anorganisches, kolloides Material, entsprechend dem Zyklus der Biatome.

Beides fällt zusammen, der Einfluß der äußeren Kräfte liefert das Material. Denn dieses anorganische Material ist in den Geschlechtsprodukten in organischer Bindung aufgespeichert, und es wird durch die äußeren Kräfte aus der organischen in die anorganische Bindung übergeführt. Wir besprachen schon bei der Schilderung der Biomoleküle, wie der Gegensatz zwischen zusammenfassenden und zusammengefaßten Biatomen im Biomolekül wesentlich auf der Anwesenheit von mehrwertigen anorganischen Atomen in organischer Bindung in dem zusammenfassenden Biatom beruht. Die äußeren Kräfte sprengen die Zusammenfassung, die organische Bindung dieser Atome geht in die anorganische über, sie gelangen zwischen die zusammengefaßten Biatome, um von diesen wieder aufgenommen zu werden. So geschieht es auch hier, zusammengefaßt sind hier die Bioradikale der verschiedenen Symbioten, während eines derselben die Zusammenfassung bildet. Die verschiedenen Symbioten aber streiten sich um das anorganische Material, welches so zwischen sie gelangt, und dieses Material bildet, je nachdem es aufgenommen wird, die Grundlage von Zellen oder Bahnen.

Eine allmähliche Überführung der in den Geschlechtsprodukten aufgespeicherten anorganischen Atome aus ihrer organischen Bindung in die anorganische, kolloide Form und die daran sich knüpfende Ausbildung der Symbioten, indem sie mit Hilfe dieser Moleküle ihre Bioradikale vervollständigen, ist so die Grundlage der Entstehung des Organismus. Aber wenn dieser Organismus entstanden ist, muß da nicht dieses Geschehen einem anderen Platz machen?

5. Kapitel. Reise durch den Organismus.

Wie soll man das eigentlich verstehen, womit das letzte Kapitel schloß? Man wird sich am besten ein Bild machen, wenn man eine Reise durch den Organismus antritt. Das geschehe, nicht als eine Molekülgruppe, die den Abspaltungen ausgesetzt ist, welche die Affinitäten und die äußeren Kräfte veranlassen. Nein, eine rein ideelle Reise sei es, um zu sehen, wie dieser Lebenszyklus durchlaufen wird. Dabei wird man die Erfahrung machen, wie man hin und hergeworfen wird, zwischen dem Einfluß der Zooide und dem Einfluß des Hyphoids. Nach den Auseinandersetzungen die ich wiederholt voranstellte, wird man erwarten dürfen, daß diese Reise alle Gewebe des Körpers berührt. Wenn sie in den Geschlechtsprodukten endigen soll, muß sie, wenn sie ideell ist, mitbringen die Kenntnis alles dessen, was in den Muskeln, den Drüsen, den Nerven, den Knochen, dem Bindegewebe vorging. Wenn wir sie materiell auffassen, müßte sie das, was dort in den Geweben stattfindet, in den Geschlechtsprodukten zum Ausdruck bringen. Mit dieser Forderung stimmt auch die Theorie unserer Anschauungen überein. Da haben wir die Bestandteile der Nahrung, welche übergehen aus dem Darmrohr in das Blut, welche in dem Blute kreisen und schließlich den Aufbau der Geschlechtsprodukte veranlassen, aus dem Material, das ihnen das Blut zuführt. Was zwischen dem Blute und den Geweben vor sich geht, darüber bleibt uns die heutige Auffassung die Rechenschaft schuldig.

Ich habe einige Experimente angestellt, um Aufschluß zu erhalten.

Die Versuche über das Verhältnis der Gewichte der Organe gegenüber dem Körpergewicht haben ein Auf- und Abschwanken ergeben.¹⁾ Ebenso ergaben die Zählungen der roten Blutkörperchen eine Vermehrung und eine Verminderung.²⁾ Beides erfolgte in bestimmten Perioden. Beides erfolgte sowohl in der Freß- wie in der Fastenperiode. Das meinte zunächst einmal, dieses Auf- und Abschwanken ist unabhängig von der Aufnahme der Nahrung. Die Bestandteile der Gewebe gelangen ins Blut, auch wenn sie nicht verdaut werden, wenn überhaupt nichts verdaut wird. Und ebenso nehmen die Gewebe von dem Blut Bestandteile weg, auch wenn das Blut nicht durch die Nahrung einen Überschuß empfängt. Es ist leicht sich zu überzeugen, daß ein gewisser Antagonismus zwischen den einzelnen Organen besteht. Wenn das eine zunimmt, nimmt das andere ab. Das Gesamtgewicht bleibt dasselbe. Da das Blut den Vermittler zwischen den Organen spielt, ist es leicht, sich zu veranschaulichen, wie es zunehmen muß, wenn die Organe abnehmen. Aber ein Organ nimmt ab, während andere zunehmen, und das Blut bespült alle. So erklärt sich das Auf- und Abschwanken der Zahl der Blutkörperchen also nicht. Auch vollzieht sich der Verkehr mit den Organen wohl durch das Blutplasma, nicht aber durch die Blutkörperchen. Dieses Auf- und Abschwanken geschieht in bestimmten Perioden und ich habe an anderen Orten³⁾ schon auseinandergesetzt, wie diese Perioden mit denen der kosmischen Kräfte übereinstimmen. Auf Grund der Überlegungen, die wir in diesem Band anstellten (S. 9), denken wir daher, es sind die auf die Oberfläche des Organismus wirkenden kosmischen Kräfte, welche die denselben zusammensetzenden Symbioten zum Durchlaufen ihres Zyklus anhalten. Nicht alle kosmischen Kräfte wirken auf alle Symbioten gleich, und je nach derjenigen, die gerade ihrem Maximum zustrebt, sei es Licht, sei es Elektrizität, sei es Wärme, ist es das Ca-Zooid, das Hyphoid, oder das Si-Zooid, das gerade vorwärts strebt. Wenn wir daher die Reise in den Organismus

¹⁾ Gaule, J. Die Veränderungen des Froschorganismus während des Jahres. Pfl. Arch. 1901, 81.

²⁾ Gaule, J. Über den period. Ablauf d. Lebens. Pfl. A. 1901, 87.

³⁾ Gaule, J. Über den period. Ablauf d. Lebens. Pfl. A. 1901, 87.

antreten, so finden wir die Gewebe immer in Arbeit, immer in Unruhe. Irgend eines derselben strebt unter dem Einfluß der in ihm enthaltenen Symbioten dem Maximum zu, ein anderes dem Minimum. Wohin aber geht diese Umwandlung? Sie geht zum Durchlaufen des Gesamtzyklus, der durchlaufen wird, wenn all die Einzelzyklen der Symbioten durchlaufen sind. Und nach dem Durchlaufen des Gesamtzyklus beginnt die neue Generation, d. h., es werden Geschlechtsprodukte fertig. Den Zusammenhang zwischen dem Auf- und Abschwanken der Organe und der Bildung der Geschlechtsprodukte sieht man besonders deutlich ein bei der Bildung der Blutkörperchen, deren Zahlen periodisch auf- und abschwanken.¹⁾

Man merke sich folgende Punkte:

1. Es ist durch die Menstruation schon der Zusammenhang zwischen der Reifung des Eies und der Verminderung in der Gesamtzahl der Blutkörperchen bekannt.

2. Es erfolgt die Menstruation monatlich und das Maximum und Minimum der Blutkörperchen wiederholt sich in der gleichen Periode.

3. Die Blutkörperchen sind eine Bildung des Hyphoids und wir haben sechs Hyphoide. Eine zwölfmalige Erzielung eines Maximums von seiten der Blutkörperchen würde also jedem der Hyphoide zweimal diese Möglichkeit geben.

4. Wenn nach zwölfmaliger Durchlaufung des Zyklus des Hyphoids das Ei gereift ist, erzielt es wieder bei den nach der Befruchtung erfolgenden Teilungen die drei Scheidewände, welche den sechs Hyphoiden entsprechen.

So lehrt uns die Reise durch den Organismus etwas von dem Durchlaufen der Zyklen kennen. Wir sehen eine neue Art von Wirkung der Unvollständigkeit der Symbioten. Wir sehen, wie nicht bloß bei dem Bilden der Zellen, nein auch beim Erhalten der Zellen, beim Leben, der eine Symbiot dem anderen die Molekülgruppen wegnimmt. Wir sehen, wie das endet bei der Bildung der Geschlechtsprodukte, und wir sehen, wie während dieses Lebens die Wirkung der äußeren Kräfte eine andere ist als in dem Kapitel, das wir vorhin betrachteten. Nicht mehr werden, wie

¹⁾ Gaule, J. Über den period. Ablauf d. Lebens. Pfl. A. 1901. 87.

bei dem Wachstum, die organisch gebundenen anorganischen Atomgruppen in anorganische Bindung übergeführt, sondern jetzt, bei der Bildung der Geschlechtsprodukte, kommt es zu dem entgegengesetzten Vorgang, der Aufspeicherung der anorganischen Moleküle in organischer Bindung.

6. Kapitel. Zentralisation in den Geschlechtsprodukten.

Der Zentralisation gegenüber der Außenwelt steht diejenige in den Geschlechtsprodukten gegenüber. Wie die eine bewirkt daß der ganze Organismus sich als eine Einheit verhält gegenüber der Außenwelt, muß die letztere die Gesamtheit der Teile, der Zellen und Gewebe auf die nächste Generation übertragen. Gewiß besteht zwischen beiden ein Zusammenhang und doch erscheinen sie ganz verschieden. Die eine vollzieht sich im Nervensystem und zwar wesentlich im Zerebrospinalnervensystem, die andere im Blutgefäßsystem.

Bei beiden ist es das Hyphoid, welches zentralisiert. Es ist dasselbe Hyphoid, welches die Zentralisation gegenüber der Außenwelt und die in den Geschlechtsprodukten besorgt. Verschiedene Hyphoide, die in den Bahnen des Organismus vereinigt sind, sind nicht gleichberechtigt. Die Zentralisation gegenüber der Außenwelt wird bewirkt durch dasjenige Hyphoid, dessen Askogonhyphen die Verbindung von rechts nach links bewirken. Dieses Hyphoid muß also im Organismus vorherrschen und diese Vorherrschaft muß sich auch auf die Nachkommenschaft übertragen. Es muß also auch in dem Askohyphensystem vorherrschen. Denn das Herz zentralisiert das Askohyphensystem, es verbindet rechts mit links und der zentrale Teil desselben, derjenige, der Accelerans und Vagus verbindet und auf die Herzmuskeln wirken läßt, ist das Ludwigsche Ganglion. Es liegt an der Grenze von rechts und links, in der Vorhofscheidewand. Wie aber zentralisiert ein Hyphoid das andere? In jedem haben wir zwei Stücke, ein zentripetales und ein zentrifugales, die durch die Intervention der Zooide verbunden werden. Jedesmal greifen zur Verbindung der Zooidhälften die Nerven ein, und endigen

in den Muskeln. So stehen die drei Hyphoide übereinander, bis zu dem obersten, das das Herz mit bildet.

Wir können diese Stufenfolge am besten verfolgen an den Muskeln. Der ersteren Stufe gehören an, die beim Frosch noch vorhandenen Lymphherzen, der zweiten die Skelettmuskeln, der dritten das Blutherz. Jedesmal entwickeln sich die verbindenden Blutkörperchen aus den entsprechenden zweiten Lebensstadien der Zooide. So zentralisiert das Askohyphensystem den ganzen Körper, indem es all die verschiedenen Systeme zu einem einzigen vereinigt. So zentralisiert das Zentralnervensystem in der gleichen Weise. Die beiden Zentralisationen sind voll Beziehungen, denn zur Bildung der Askohyphen gehört jedesmal die Beziehung zwischen Askogon und Pollinodium im Zentralnervensystem und die Bildung der Blutkörperchen, die sich ohne Verbindung der beiden Hälften der Zooide nicht vollzieht. Da aber zeigt sich gleich etwas, was aus der Unvollständigkeit der Symbioten resultiert. Die Blutkörperchen können schließlich nicht weiter gebildet werden, weil die Hyphoide in bezug auf die Geschlechtsorgane mangelhaft sind. Gerade jenes Hyploid, welches am höchsten steht, hat nur eine Art von Geschlechtsprodukten und deshalb kann der Organismus auch nur eine Art derselben bilden. Er hat nur eine Art Geschlechtsprodukte, weil der P und der S dem Hyploid und dem Zooid gemeinschaftlich sind. Sie dienen zur Verbindung der beiden in den Zellen. Wenn diese unter dem Einfluß der äußeren Kräfte gespalten werden, kann im äußeren Keimblatt der S, im innern der P dem Hyploid oder dem Zooid zufallen. Zur Bildung seiner Geschlechtsprodukte aber braucht das Hyploid den P für die männlichen, den S für die weiblichen, es braucht also beide. Wohl kann es dieselben wieder den Zooiden entlehnen, wenn deren Hälften sich wieder zu dem Hyploid zusammenschließen, aber schließlich hat das seine Grenze.

Von Stufe zu Stufe steigend hat die Entlehnung stattgefunden, schließlich bilden sich die Askosporen nicht mehr, denn die Entlehnung kann nicht über die drei, resp. sechs Hyphoide hinausgehen. Auf der obersten Stufe müssen also die Blutkörperchen stehen bleiben. Was neu hinzukommt, enthält bloß noch das P- oder das S-haltige Material und dieses sucht seine Vereinigung mit einer der Zellen der Keimblätter, die das

Si- oder Ca-Zooid enthalten. Und die Blutkörperchen selbst, die nichts an eine neue Generation abgeben können? Sie müssen zu einer anderen Verwendung ihres Materials gebraucht werden. Die Askosporen in ihnen werden zur Vermehrung der ungeschlechtlichen Generation des Bindegewebes beitragen. Und diese Generation wird gerade da einsetzen, wo die Askohyphen enden, nämlich bei den Geschlechtszellen. Die Zooide dagegen werden sich teilen je nach der Anziehung, die auf sie ausgeübt wird. Teils gehen sie zu den Geschlechtszellen in dem einen Keimblatt, teils zu denjenigen der andern, die die entsprechenden Zooidhälften enthalten.

Die Einwirkung der äußeren Kräfte, welche zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt, ist gerade entgegengesetzt derjenigen, welche zur Bildung des individuellen Organismus führt. Das rührt davon her, daß die erstere auf der plötzlichen Änderung, die letztere auf der kontinuierlichen Wirkung beruht. Die erstere führt zur Explosion der CNOH die sich aus den organischen, die letztere zur anorganischen Bindung der anorganischen Gruppen. Die erstere führt zur Bildung des Geschlechtsprodukts, die letztere zu der des Organismus. Bei der Bildung der Geschlechtsprodukte aber müssen anorganische Atome wieder organisch gebunden werden. Es muß sich das in umgekehrter Weise vollziehen, was sich während des Wachstums vollzogen hat. Das aber kann nur geschehen, weil das zweite dem ersten, das Wachstum der Geschlechtsreife vorausging. Durch das Wachstum ist der Weg der Zentralisation gebildet worden. Die Zellen, d. h. die Bioradikale des Organismus haben auf diesem Wege die kolloiden anorganischen Substanzen so geordnet, daß, wenn jetzt die Reste der aktiven Gruppe, sich immer wieder erneuernd, den Organismus durchteilen, die anorganischen Substanzen in organische Bindung durch den entstehenden chemischen Prozeß übergeführt werden können. Die gleiche Welle aber, welche auf dem so vorbereiteten Weg durch den Organismus hindurchgeht, ist es, welche einmal zur Erhaltung desselben gegenüber der Außenwelt und zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt.

7. Kapitel. Möglichkeit der Vererbung.

Nach dem genialen Gedanken Meynerts¹⁾ ist das Zentralnervensystem eine dreifache Projektion der äußeren Körperoberfläche. Was hilft uns dieser Gedanke für das Einsetzen der Möglichkeit der Vererbung?

Wir haben eben, wenn wir von dieser sprechen, zwei Dinge auseinanderzuhalten, die oft genug ineinandergreifen und die in der Behandlung der Frage der Vererbung oft genug vermischt werden. Ich meine, um mich des gewöhnlichen Sprachgebrauchs zu bedienen, die Vererbung körperlicher und geistiger Eigenschaften. In den letzteren sitzt das, was wir sehr häufig auch „Instinkt“ nennen, was die Lebensgewohnheiten der Tiere und damit wieder ihre körperlichen Eigenschaften bestimmt. Wenn der Instinkt vererbt wird, so geht der Vorgang aus von der Übertragung der Einrichtungen des Gehirns von der älteren auf die jüngere Generation. Wird es vererbt? Wir können daran kaum zweifeln, wenn wir sehen, wie bei den Tieren Generation auf Generation die ersten Lebenshandlungen, die noch von keiner Erfahrung veranlaßt sind, sich wiederholen.

Diese Einrichtungen im Gehirn aber beruhen auf der Aufspeicherung, die da stattfindet. Ich habe gesagt, daß sich die Veränderungen der Körperoberfläche in den Zellen des Gehirns niederlegen. Diese Zellen werden dadurch zu einer Wiedergabe, einer Reproduktion der Körperoberflächen. Damit stimmt Meynerts Gedanke überein. Ich habe im Grunde meine Anschauung auf diesem Gedanken aufgebaut. Wie aber können diese inneren Oberflächen, wenn ich so sagen darf, durch die Geschlechtsprodukte übertragen werden? Gerade hierin sehen wir den Gegensatz der geistigen und körperlichen Eigenschaften, jene beruhen auf den inneren, diese auf den äußeren Oberflächen. Wie diese letzteren übertragen werden, haben wir schon gesehen. Nach der Theorie muß alles durch die Zellen der äußeren Oberflächen hindurchgehen, was nach dem Durchlaufen des Gesamtzyklus in den Geschlechtsprodukten niedergelegt wird. Das einzelne Biatom muß denselben Zyklus durchmachen. Daß diese Biatome in

¹⁾ Meynert in Stricker's Handbuch der Lehre v. d. Geweben. Leipzig 1871.

derselben Ordnung in den Geschlechtsprodukten ankommen, dafür sorgt der Gesamtzyklus. Diese Ordnung muß daher auch das junge Individuum, wenn es sich entfaltet, wiedergeben. Es muß denselben Gesamtzyklus haben, wie das alte.

Dem stehen nun diese inneren Oberflächen gegenüber. Was auf die äußeren Oberflächen paßt, paßt nicht auf sie, denn sie liegen anders, und auf die Lage kommt es bei dem Durchlaufen des Gesamtzyklus an. Sie werden aber auch übertragen, von ihren Biatomen werden auch die entsprechenden Teile in den Geschlechtsprodukten niedergelegt. Damit das geschehen kann, muß es noch etwas anders, eine Ergänzung des Gesamtzyklus geben, von der wir seither noch nicht gesprochen. In der Suche nach einer Erklärung, erinnern wir uns an den *Canalis neurentericus*, den wir schon im ersten Bande erwähnten. Derselbe stellt eine Verbindung her zwischen dem Darmrohr und dem Zentralkanal des Rückenmarks, die beim Amphioxus existiert. Wenn das eine Anlage repräsentiert, die beim Wirbeltier überhaupt vorhanden ist, dann wäre der Zentralkanal eigentlich ein inneres Rohr und seine Begrenzung eine äußere Oberfläche. Eine äußere Oberfläche, die sich aber bei den höheren Vertretern des Wirbeltierorganismus, gänzlich abschließt von der Außenwelt. Ich muß hier vor allen Dingen eine Zweideutigkeit meiner Ausdrucksweise korrigieren. Ich habe seither diese Oberfläche des Darmrohrs auch öfters als innere Oberfläche bezeichnet, weil sie bekleidet wird von dem inneren Keimblatt. Im Grunde aber ist das, was sie umgibt, der Inhalt des Verdauungskanals, auch ein Stück Außenwelt und sie ist in dem Sinne, in dem ich jetzt schreibe, so gut eine äußere Oberfläche, wie diejenige, die von dem äußeren Keimblatt bekleidet wird.

Der Zentralkanal würde also ein Stück dieser äußeren Oberfläche sein, abgeschlossen von der Außenwelt, also abgeschlossen von all den Kräften, die Zersetzungen zwischen Hyploid und Zooid verursachen können. Alle die Zersetzungen, die herangebracht werden, gehen von der äußeren Oberfläche die Epidermis aus. Die Zellen, die den Zentralkanal umgeben, sind Si-Zellen. Es ist eine Ca-Oberfläche eingestülpt in ein Si-Organ. Dies bedeutet: die Ca-Zellen haben noch eine andere Funktion, als die Wohnstätten der ersten Lebensstadien des Ca-Zooids

zu sein. Sie sind auch die Ursprungsstätten für den Sympathikus. Die Hyphen der beiden stehen in dem ursprünglichen Zyklus senkrecht aufeinander. Sie entsprechen verschiedenen Hyphoiden. Wir haben daraus abgeleitet, daß es drei resp. sechs verschiedene Hyphoide gab, welche zusammen den Kreislauf bildeten und die die Moleküle durchlaufen mußten, welche in den Geschlechtsprodukten zum Zweck der Vererbung niedergelegt wurden. Das galt für den Zyklus, der von den äußeren Oberflächen ausging. Jetzt im Gehirn haben wir bezüglich der inneren Oberflächen auf einmal eine andere Anordnung. Sie stammen von den zerebrospinalen Nerven her. Sie gehen also in der Richtung von rechts links oder links rechts in das Zentralnervensystem ein. Da stehen sie nun im Zentralkanal einer neuen **äußeren**, in Wirklichkeit zwar **inneren** Oberfläche gegenüber, deren Grundrichtung senkrecht auf der ihrigen steht, deren Hyphoid also um 90° gedreht ist, gegen dasjenige, das sie dahin gebracht hat. Was kann diese Oberfläche im Zentralkanal für einen Sinn haben? Nur den, die Zellen der inneren Oberfläche wieder lebendig zu machen, in ihnen die Verbindung der Hyphoid- und Zooidteile wieder zu lösen. Wenn das geschieht, müssen diese Teile wieder wandern. Aber sie müssen die Bahnen nun um 90° gedreht wandern, gegenüber denjenigen Veränderungen, die zu ihrer Entstehung Veranlassung gaben. Das bedeutet, daß sie die Hyphoide in einer anderen wahrscheinlich der umgekehrten Reihenfolge durchwandern und somit auch in einer andern Reihenfolge in den Geschlechtsprodukten ankommen. Darin liegt der Unterschied zwischen den Eigenschaften, die von den äußeren Oberflächen und denen, die von den inneren Oberflächen den Projektionen der ersteren aus, vererbt werden. Die ersteren passieren einen Zyklus, der durch die Einstülpung der drei Hyphoide ineinander erreicht wird, die letzteren einen, der durch eine nochmalige Einstülpung einer zweiten Serie in die erstere entsteht.

Die Möglichkeit der Vererbung wird eingeschränkt durch die äußeren Kräfte, und zwar mehr durch die kontinuierlich wirkenden (kosmischen) Kräfte als durch die plötzlichen Änderungen. Die letzteren müssen durch den Organismus hindurch wirken und der Aufbau derselben, also des elterlichen Organismus, be-

dingt, was hierbei in den Geschlechtsprodukten niedergelegt wird. Die ersteren stehen dem Aufbau des jungen Organismus vor, indem sie nach dem Zusammentreffen der Geschlechtsprodukte in Wechselwirkung mit den von den Symbioten entfaltenen inneren Kräften die anorganischen Substanzen in den zusammenfassenden Biatomen freimachen.

8. Kapitel. Ökus der Zellen und das Gesetz des Aufbaus.

Unter Ökus der Zellen habe ich das Zahlenverhältnis verstanden, in dem die verschiedenen Zellen vorkommen und daraus den Schluß gezogen, daß zwischen den einander entsprechenden Zahlen von Zellen, den Gruppen dergleichen eine innigere Beziehung bestehen müsse. Für diese Beziehung habe ich zunächst den Namen Haushalt, Ökus, gewählt, weil sie in den Fragen des Stoffwechsels, der Kraftentwicklung und der Kraftzehrung, Gemeinschaft haben. Aber der ursprüngliche Ökus war eine Familie und eine solche Familie müssen die Ökuszellen auch sein. Sind sie doch einerlei Abstammung. Aber welcher Art ist diese Familie? Da erhebt sich jetzt vor uns eine doppelte Möglichkeit. Einmal mag die Beziehung der Zellen gegeben sein durch das Verhältnis der Symbioten zueinander, das andere Mal durch die Kräfte, welche den Zyklus der Symbioten störten. Das eine sowohl wie das andere wird in dem Ökus drinstecken, aber was ist auf den einen, was auf den anderen Einfluß zurückzuführen? Worauf beruht eigentlich das Zahlenverhältnis der Zellen? Schon in den Betrachtungen über den Ökus bin ich ausgegangen von der Ähnlichkeit, die dasselbe mit den aus der Chemie bekannten Tatsachen darbietet. Wie in dem Molekül sich Atome nach bestimmten Zahlenverhältnissen vereinigen, so in dem Organismus Zellen. Als Grundlage der lebenden Wesen haben wir die Biatome angenommen, und wenn es zu den hervorragendsten Eigenschaften der Atome gehört, sich nach bestimmten Zahlenverhältnissen zu gruppieren, so müssen diese Eigenschaften den Biatomen auch zukommen. Also das Zahlenverhältnis, das einfache, regelmäßige Verhältnis, in dem die Teile der lebenden Wesen

zueinander stehen, ist geblieben. Ein Biomolekül verhält sich nicht anders als ein Molekül. Etwas anderes ist das Verhalten der Frage, ob die Zellen innerhalb des Organismus Familien bilden oder nicht. Auf den ersten Blick könnte man denken, daß das so sein müsse. Die Biatome bauen sich zu Symbioten auf, die Symbioten bilden wieder den Organismus. Die Familien der Zellen sind eben die Symbioten.

Wir haben aber seitdem einen etwas andern Begriff von der Zelle bekommen. Wir haben dieselbe in einen gewissen Gegensatz gegen die Symbioten setzen gelernt. Wir sahen sie an als Bioradikale des Gesamtorganismus und als Verbindungen von Hyphoid und Zooid. Wenn in einer Zelle verschiedene Symbioten stecken, dann ist nicht die Gesamtheit eines Symbioten die Familie einer Zelle. Sie gehört dann gleichzeitig mindestens zwei verschiedenen Familien an. Andererseits wenn wir die Zelle als Bioradikal des Gesamtorganismus ansehen, haben wir da eine Veranlassung, uns den Gesamtorganismus zerlegt zu denken in eine Anzahl Familien solcher Bioradikale? Mit andern Worten gibt es da andere Einheiten als die der Symbioten? Bei unserer Darstellung haben wir nichts gefunden, was darauf hindeutete. Wir fanden einen Zyklus, der den Gesamtorganismus durchläuft. In diesem Zyklus ändert sich fortwährend die Lage und mit der Lage ändern sich die Beziehungen zu den Zellen.

Man wird dabei immer wieder zwei Fragen gegenüber dem Ökus der Zellen wiederholen. 1. Warum haben die Zellen eine gewisse Größe? 2. Warum treten sie nach bestimmten Zahlenverhältnissen zusammen? Beide Fragen, so verschieden sie zu sein scheinen, meinen im Grunde dasselbe. Denn wenn der ganze Organismus ein Biomolekül ist, so muß das, was die Stelle der Atome in ihm vertritt, die Bioradikale, eben die Zellen in bestimmten Zahlenverhältnissen vorhanden sein. Und wenn andererseits die Zelle ein Bioradikal ist, so müssen in ihm die einzelnen Biatome in bestimmten Zahlenverhältnissen sich finden, und das muß ihre Größe bestimmen.

Aber nach welchem Gesetz werden die Biatome sich zu dem Bioradikal Zelle vereinigen. Die Biatome setzen ursprünglich die Bioradikale zusammen, die sich in den Sym-

bioten finden. Das Hyphoid und die beiden Zooide sind die Symbioten, und sie enthalten wieder die Bioradikale der Sproß- und Spaltpilze. Jetzt sind die Symbioten vereinigt zu dem Wirbeltierorganismus, und an die Stelle des Aufbaues, der zu ihrer Bildung führt, ist ein neues Gesetz getreten, welches das Auftreten des neuen Bioradikals Zelle bedingt. Wie werden in diesen Zellen die Biatome sich gruppieren? (Schon haben wir gesprochen von der Unvollständigkeit der Symbioten, von der Verschiebung, die zwischen ihnen stattfindet, wie sie sich zu vervollständigen suchen und wie aus dem Streit, der sich darüber erhebt, der Zyklus des Gesamtlebens entsteht.) Aber gibt es ein bestimmtes Gesetz, welches den Streit zwischen den Symbioten regelt? Aus demselben muß es sich ableiten lassen, wieviel Biatome in den Zellen liegen müssen, wie groß dieselben seien? Man muß sich nur dabei erinnern, daß das Gesetz für das Zusammenleben innerhalb der Symbioten ebenso gilt wie für die Symbiose der Symbioten. Wenn die Symbioten innerhalb des Wirbeltierorganismus zerfallen, so müssen wir nicht erwarten, daß dabei die Bioradikale der Spalt- und Sproßpilze ohne weiteres zum Vorschein kommen. Diese sind innerhalb Hyphoid und Zoid ebenso verschoben wie Hyphoid und Zoid innerhalb des Wirbeltierorganismus. Wenn es aber zu einem Weiterleben, zu einem Durchlaufen des Gesamtzyklus kommt, so müssen alle die Einzelzyklen durchlaufen werden. Also nicht bloß die von Hyphoid und Zoid, sondern auch alle die der Bioradikale, welche Hyphoid und Zoid wieder zusammensetzen. Wir beginnen damit zu begreifen, warum uns das Leben dazu führte, zwölf verschiedene Hyphoide anzunehmen. Es müssen eben alle die Zyklen der einzelnen Bioradikale durchlaufen werden. Jede Variation in einem solchen Zyklus in einem Bioradikal bedingt eine Verschiedenheit des Hyphoids. Es war weiter der Zweck der vorhergehenden Betrachtungen deutlich zu machen, in welchen Wechselbeziehungen die Zellen und die Bahnen ständen. Sie sind Geber und Empfänger. Der Zyklus muß durch sie mit hindurchgehen. Wenn es zwölf verschiedene Hyphoide gibt, so muß von jedem Einzelnen, und zwar von jedem Lebensstadium ein Teil in einer Epithelzelle sich abspielen, und es müssen in derselben die entsprechenden Biatome liegen. Denn

die Zelle als Bioradikal des neuen Biomoleküls enthält nicht die Bioradikale des Symbioten, wohl aber die Biatome zu neuen Bioradikalen zusammengeordnet.

9. Kapitel. Die Verschiebung.

Wir haben in dem Organismus die Zellen und Gewebe, aber wir finden in denselben nicht die Symbioten, durch deren Aufbau er doch gebildet sein soll. Als Grund dafür haben wir angenommen, daß zwischen den Bestandteilen des Wirbeltierorganismus resp. denen seiner Symbioten eine Verschiebung stattgefunden habe, durch die an Stelle von den Bioradikalen der Symbioten die Bioradikale des Wirbeltierorganismus getreten sind. Das ist die Folge des Zusammentretens zu einem höheren Biomolekül, und als Beispiel einer solchen Verschiebung in dem einfachsten Falle, den uns die Chemie zeigt, habe ich früher gezeigt das Amygdalin, in dem der N steht in einer Stellung zwischen dem Cyan und dem Ammoniak, zwischen der Stellung, die er in den Radikalen einnimmt, in die das Amygdalin unter dem Einfluß äußerer Kräfte zerfällt.

Eine solche Verschiebung, die die Bioradikale erfahren im Wirbeltierorganismus, hat aber einen doppelten Charakter, je nachdem wir den Organismus des geschlechtlichen Individuums oder den der Geschlechtsprodukte vor uns haben. Beides sind Biomoleküle, und in beiden finden sich die Symbioten. Zwischen diesen beiden Verschiebungen muß ein innerer Zusammenhang bestehen, denn die Geschlechtsprodukte erzeugen die Organismen und die Organismen wieder die Geschlechtsprodukte.

Es sind die äußeren Kräfte, welche die Verschiebung nach der einen und nach der anderen Richtung herbeiführen. Unter ihrem Einfluß wuchs aus den Geschlechtsprodukten der Organismus heran, und unter ihrem Einfluß bildet derselbe wieder Geschlechtsprodukte. Es wird dieser Einfluß aber nicht in der gleichen Weise ausgeübt in beiden Fällen. Wir haben schon den Unterschied kennen gelernt. Wir haben kontinuierlich wirkende Kräfte in der Außenwelt und plötzliche Änderungen.

Unter dem Einfluß der ersteren findet das Wachstum statt, wie uns die Betrachtungen über den Aufbau zeigten. Ich erinnere nur an den Schutz im Mutterleibe, der gegenüber den plötzlichen Änderungen der Außenwelt dem wachsenden Organismus zuteil wird. Auf der andern Seite wirken die plötzlichen Änderungen der Außenwelt als Reize, und diese Reize wurden beantwortet mit Muskelbewegungen. Die Muskelbewegungen aber führten zu einer Vereinigung der Zooide, zu einer Reifung derselben, zu einem Durchlaufen der Einzelzyklen, wie wir damals sagten. An dieses aber knüpft sich das Durchlaufen des Gesamtzyklus, das Reifen der Geschlechtsprodukte. So haben wir die kontinuierlich wirksamen Kräfte dem Aufbau, d. h. der einen Art der Verschiebung, die plötzlichen Änderungen der andern Art der Verschiebung zugeteilt.

Wenn wir das Verhältnis von der andern Seite betrachten, finden wir es bestätigt. Den kontinuierlich wirksamen Kräften haben wir die Überführung der anorganischen Gruppen aus der organischen Bindung in die unorganische zugeschrieben. Der Aufbau ist aber, wie wir gesehen haben, bedingt durch die Überführung der organisch gebundenen anorganischen Atome in die anorganische Bindung und damit in die kolloidale Ausscheidung. Auf der andern Seite haben wir die Bildung der Knallsäure, die Wanderung in den Nerven, den plötzlichen Änderungen der äußeren Kräfte zugeschrieben. Führt sie zur Bildung der Geschlechtsprodukte, so muß dies mit der Überführung der anorganischen Atome in organische Bindung zusammenhängen. Denn diese Bindungsweise charakterisiert die Geschlechtsprodukte. Auf der andern Seite haben wir schon gelernt, wie der Gegensatz der anorganischen und organischen Gruppen gegenüber den äußeren Kräften den Zyklus der Biatome bestimmt und wie er weiterhin den Gegensatz der Vermehrung der Spalt- und der Sproßpilze bestimmt.

Daß wir diesen Gegensatz in dem Wirbeltierleben ausgesprochen finden, erscheint uns als Konsequenz des Umstandes, daß der Wirbeltierorganismus aus Hyphoid und Zooiden und diese wieder aus Spalt- und Sproßpilzen aufgebaut sind. Die äußeren Kräfte treffen die in den Symbioten vorhandenen Bi-radikale, und sie verursachen in diesen die Verschiebung. Diese

korrigiert die andere durch das Zusammentreten bewirkte Verschiebung insoweit, als es nunmehr zu einem Durchlaufen des Zyklus und zu einer Fortpflanzung kommen kann. Das Wachstum trennt sich dabei von der Geschlechtsreife je nach der Korrektur, welche die äußeren Kräfte der inneren Verschiebung angedeihen lassen.

Was wir noch nicht wissen, ist, daß bei dem Zusammentreten der Bioradikale ganz neue Arten von Verschiebungen auftreten, von denen wir bei den Einwirkungen der äußeren Kräfte nichts gelernt haben und die doch durch dieselben beeinflußt werden. Es sind eben Verschiebungen, die auf der Wirkung der einzelnen Bioradikale aufeinander beruhen. Insofern jedes Bioradikal seinen Zyklus durchläuft, ist jedes andere Bioradikal ihm gegenüber eine Außenwelt. Aber doch sind innerhalb des Biomoleküls die verschiedenen Bioradikale untereinander verbunden.

Wie können sich diese Widersprüche untereinander vereinigen? Es sind die Symbioten in der Beziehung unsere Lehrmeister. Was in ihnen sich vollzieht bei der Verbindung, der in ihnen enthaltenen Bioradikale zu einem Lebewesen, muß sich wiederholen, wenn die Symbioten wieder zusammentreten. Ich kann nicht alle Spuren, die sich in der Beziehung darbieten, verfolgen, ich will nur ein Beispiel herausgreifen. Was sich als wesentlich neu herausstellt, wenn wir den Wirbeltierorganismus vergleichen mit den einfachen Biomolekülen der Spaltpilze und Sproßpilze, ist die Trennung der Geschlechter. Nichts finden wir in den letzteren, was ihm entspricht, und doch soll der Wirbeltierorganismus aus deren Bioradikalen aufgebaut sein. Die Bildung der Geschlechtsprodukte verdankt ihre Entstehung der Wirkung der äußeren Kräfte, und doch haben wir gesehen, diese Wirkung beschränkt sich auf die Bindung der anorganischen Gruppen und die Bildung der Knallsäure. Da muß eben die Wirkung der Bioradikale aufeinander bei ihrem Zusammentreten zu Hilfe kommen.

Wir wissen, der Wirbeltierorganismus verdankt die Trennung der Geschlechter dem Hyphoid. In diesem Symbioten kommt sie schon vor. Es besteht aus zwei Spaltpilz- und einem Sproßpilzbioradikal. Die Spaltpilze müssen untereinander verschieden sein. Was für Verschiedenheiten haben wir bei den Spaltpilzen

kennen gelernt? Wir haben sie eingeteilt in Aëroben und in Anaëroben. Aus unserer Betrachtung des Biozyklus ergab sich weiter, daß die Aëroben aus dem Wasser dem Sauerstoff zustreben, daß sie oxydierend wirken, daß die Anaëroben das Umgekehrte tun. Wir haben weiter bei der Betrachtung des Biozyklus erfahren, daß das eine bedeutet, sie streben von dem Nukleïn dem Eiweiß, das andere, sie streben von dem Eiweiß dem Nukleïn zu.

Insofern die Aëroben und die Anaëroben aber selbständige Lebewesen sind, müssen sie den ganzen Biozyklus durchmachen, vom Nukleïn zum Eiweiß und vom Eiweiß wieder zum Nukleïn. Wir haben das seinerzeit so ausgedrückt: Jedes Biomolekül besteht aus einem entstehenden und einem vergehenden Zweig des Zyklus, den es darstellt.

Wenden wir dies auf die beiden Arten von Spaltpilzen an, die in dem Hyphoid vereinigt sind. Vereinigt, das meint, untereinander verbunden. Verbunden sind also die beiden Zweige, der dem Nukleïn zustrebende und der dem Eiweiß zustrebende. Verbunden, in welchem Sinne? Ist Gleichartiges oder Ungleichartiges miteinander verbunden? Da tritt wieder die Wirkung der äußeren Kräfte ins Spiel, unter denen das ganze Biomolekül, das Hyphoid, steht. Je nach deren Einfluß werden wir daher in dem Hyphoid ein neues Wesen entstehen sehen, das die beiden aërobiischen und ein anderes, das die beiden anaërobiischen Zweige der Spaltpilze vereinigt. Das sind die beiden Geschlechter, das Nukleïn- oder männliche, das Eiweiß- oder weibliche Geschlecht. Die beiden Geschlechter streben einander wieder zu, denn jeder Zweig will sich wieder mit dem zugehörigen ungleichartigen Zweig zum Spaltpilz verbinden. Die an die Oberfläche des Hyphoids pochenden Kräfte haben die Trennung der beiden Zweige bewirkt, die Verbindung der Bioradikale im Innern die Entstehung der Geschlechter aus ihnen.

Wo aber das dritte Bioradikal, das im Hyphoid enthalten ist, der Sproßpilz, dazukommt, dasselbe fortzupflanzen, da kommt es zu einer Vereinigung der beiden Spaltpilzzweige, zu der ungeschlechtlichen Generation. Wie aber schon das Hyphoid uns lehrt, wo mehrere Bioradikale zusammentreten, da kommt es zu einer immer größeren Mannigfaltigkeit der Verschiebungen, zu

einer immer größeren Mannigfaltigkeit der auftretenden neuen Gebilde. Deren Ableitung aus der Wirkung der Bioradikale aufeinander und der der äußeren Kräfte auf das Ganze, das wird erst eine Sache der Zukunft sein.

10. Kapitel. Der Unterschied der Geschlechter.

Wenn die vorausgegangenen Kapitel recht haben und wenn das Leben auf einem Wettstreit der Symbioten um die Molekülgruppen beruht, die durch die Verschiebung eine Mittelstellung einnehmen, dann begreift man nicht die Ähnlichkeit, die in dem Haushalt der beiden Geschlechter sich findet. Die Vollendung des Zyklus liegt in der Bildung der Geschlechtsprodukte, und diese Geschlechtsprodukte sind so unähnlich wie möglich. Jeder einzelne Akt des Lebens ist ein Durchlaufen des Zyklus, ist bewirkt durch eine Weiterentwicklung des einzelnen Bioradikals, das die durch das Spiel der äußeren Kräfte frei gewordene Gruppe an sich reißt. Das Wachstum wird bezeichnet als eine Entwicklung des Gegensatzes der Symbioten aus dem geschlechtlichen Gegensatz, die Geschlechtsreife als eine Entwicklung des geschlechtlichen Gegensatzes aus dem der Symbioten. Die Bildung des Organismus wie seine Funktionen hängen ab von der Entwicklung der Bildung chemischer Substanzen, einer neuen Art von Biomolekülen, die untereinander verschieden sind. Wie ist es da möglich, daß die Körper männlicher und weiblicher Individuen so ähnlich sind, daß es genauer zahlenmäßiger Untersuchungen bedarf, um zu entscheiden, ob ein Organ von dem einen oder andern herrührt, wenn es überhaupt möglich ist?

Es gibt nur eine einzige Erklärung hierfür, welche mein Auge erblickt. Ich will sie hier wenigstens erwähnen. Die Vorgänge, welche dem Leben zugrunde liegen, sind in der Tat bei beiden Geschlechtern dieselben. Die Symbioten bemächtigen sich der Molekülgruppen, welche sie ergänzen, bei dem einen wie bei dem andern Geschlecht auf dieselbe Weise. Der Wettstreit zwischen den Symbioten ist derselbe, bei beiden Geschlechtern existiert ein Gleichgewicht, welches nur durch die

Wirkung der äußeren Kräfte gestört wird. Aber die Richtung, in der der ganze Vorgang, die Welle, nach einer solchen Störung des Gleichgewichts, die Reihe der Symbioten durchläuft, ist nicht dieselbe bei beiden Geschlechtern.

Bei beiden wird in den Nerven auf eine Reizung der Oberfläche eine zentripetale Welle zum Zentralnervensystem sich fort-pflanzen. Der Übergang aber von der sensiblen auf die moto-rische Zelle in diesem braucht nicht bei beiden Geschlechtern derselbe zu sein. Wenn sich hier der erste Austausch der Sym-bioten zeigt, dann mag arterielles und venöses Blut bei den beiden Geschlechtern eine verschiedene Rolle spielen, und das mag der erste Anstoß zum Durchlaufen in verschiedener Rich-tung sein. Warum arterielles und venöses Blut? Wir haben zwei Gesichtspunkte, aus denen heraus wir das behaupten können. Erstens einmal die Entstehung und Natur der Geschlechtsprodukte. In dem vorigen Kapitel haben wir dieselben unterschieden als die aërobischen und anaërobischen Zweige der in dem Hyphoid enthaltenen Spaltpilze. Aërobisch meint, so erklärten wir schon früher, nach dem Sauerstoff strebend und das bedeutet zuge-wendet dem arteriellen Blute, wenn wir es im Wirbeltierorganismus verfolgen, und anaërobisch nach dem sauerstoffarmen kohlensäure-reichen Medium strebend, d. h. nach dem venösen Blute im Wirbeltierorganismus. Daher müssen die männlichen Geschlechts-produkte sich an das eine, die weiblichen an das andere Blut anschließen, und die Welle, die, von den äußeren Kräften her-rührend muß bei ihrem Durchlaufen des Organismus, bald mehr auf die einen, bald mehr auf die anderen Bildungen des Hy-phoids übergehen.

Noch deutlicher wird dieses Verhältnis, wenn man die Bildung des Organismus selbst betrachtet. Wir haben bei ihr die Differenz des männlichen und weiblichen Organismus zu betrachten, die entsprechend dem Vorausgeschickten die Bildung der verschiedenen Geschlechtsprodukte bedingt. Diese Diffe-renz haben wir schon früher davon abgeleitet, ob auf die erste Teilung, welche den animalen Pol von dem vegetativen trennt, zuerst diejenige folge, welche rechts von links trenne, d. h. diejenige des cerebrosinalen Nervensystems oder diejenige, die vorn von hinten trennt, d. h. die des sympathischen Nerven-

systems. Mit andern Worten, erfolgt die Trennung so, daß die S-reichen, oder so, daß die P-reichen Gebilde sich zuerst entwickeln? Die Bildung der Scheidewände, welche bei der Teilung entstehen, ist entsprechend der Bildung des Hyphoids. Aber die Bahnen der Nerven sind nicht reine Bildungen des Hyphoids. Wir haben seitdem mancherlei dazu gelernt. Vorerst wissen wir etwas über die Vereinigung der beiden Zoidhälften zu dem Hyphoid. Sodann haben wir kennen gelernt die Rückwirkung des Hyphoids auf das Zoid. Um uns die Bedeutung der Wirkung und der Rückwirkung recht deutlich zu machen, sind alle Bahnen in diesen Scheidewänden in ein zentripetales und ein zentrifugales Stück gegliedert. Alle laufen zu einem Zentrum hin und kehren dann wieder zur Peripherie zurück.

Wir haben das schon oft besprochen. Was wir aber noch nicht besprochen, ist die Beziehung dieser Gliederung zur Bildung der Geschlechtsprodukte. Für das Blutgefäßsystem sind die Arterien das zentrifugale, die Venen das zentripetale Stück. Arterien und Venen entsprechen nach den früheren Auseinandersetzungen den Askohyphen des Hyphoids. Sie entsprechen ihnen, und sie sind es doch nicht ganz, wie wir jetzt wissen, wegen der bei dem Zusammentreten der Symbioten erfolgenden Verschiebung. Zu ihnen führen die Nervenbahnen von den beiden Oberflächen, von den Zoiden her, die Veränderungen, die von den äußeren Kräften hervorgerufen wurden. Bei dem einen Geschlecht ist es das vom Herzen weggehende, bei dem andern das zum Herzen hinführende Blut, welches durch dieselben erreicht wird. Damit ist die Richtung entschieden, welche die von außen beginnende Welle im Durchlaufen des Organismus einschlägt. Indem der sich aufbauende Organismus bei der zweiten Teilung das zentrifugale Stück und das Zentrum, oder das zentripetale Stück und das Zentrum anlegte, hat er entschieden, welche Geschlechtsprodukte gebildet werden sollten.

Nachwort.

Indem ich schließe, begleitet mich das Bewußtsein von der Unzulänglichkeit des hier Geleisteten gegenüber dem, was zu leisten ist. Aber wer könnte mit einem ersten Anlauf die Mannigfaltigkeit dessen, was in der Natur sich findet, erklären. Worauf es mir ankam war zu zeigen, wie durch alle die Fülle der Erscheinungen und der Veränderungen ein Faden sich schlingt, den wir verfolgen müssen, wollen wir zu einem Beherrschen kommen.

Man wird der in dieser Kritik der Erfahrung vom Leben vorgetragene Hypothese den Prüfstein nicht ersparen wollen, den man an jede Hypothese anlegt, nämlich zu zeigen, was dieselbe eigentlich nützt.

Mein Ehrgeiz war zunächst zu zeigen, daß durch sie eine einheitliche Anschauung des Lebens und des Zusammenhangs zwischen der belebten und unbelebten Natur möglich ist. Damit aber kann es nicht zu Ende sein. Die Hypothese erhebt den Anspruch und muß ihn erheben, daß sie der Heilkunde als Wegweiser diene. Kaum ist sie dazu gekommen, den Samen in die Erde zu versenken, so kann man jetzt nicht schon erwarten, daß sie Früchte bringen und daß man jetzt an ihren Früchten sie erkennen solle. Aber das ist doch schon sicher, daß ein Arzt der sich mit ihrer Hülfe, das Geschehen während der Krankheit seines Patienten vorstellen will, tiefer in das Leben eindringen wird, als es seither möglich war. Ein pathologischer Anatom aber, der nicht mehr bloß auf dem Boden der Cellularpathologie stehend, mit Hülfe dieser Hypothese, die Symbiose und die Symbioten in einem Prozeß der Veränderung der Gewebe verfolgt, wird ein ganz anderes, ein viel lebendigeres Bild von dem Wesen der Krankheit entwerfen können, als seither.

Es winkt endlich die Hoffnung, daß uns die Kliniken an der Hand des Biozyklus auch zeigen können, wie derselbe unter ver-

änderten Bedingungen der Außenwelt erhalten werden, wie die Gesundheit wieder hergestellt, wie das Leben werde verlängert werden können.

Ich habe mich seither immer an die Medizin als an das mir zunächst liegende gewendet. Doch habe ich dieselbe nicht allein im Auge. Die Leichtigkeit, mit der lebende Wesen chemische Umsetzungen vollziehen und Kräfte erzeugen, hat auch ihre allgemeine Bedeutung. Jedes Licht, das auf die Art und Weise fällt, wie sie das tun, kann uns ökonomisch vielleicht viel helfen.

Wie ich dazu kam, diese Forschungen zu verfolgen, habe ich ursprünglich auch in diesem Bande erzählen wollen. Ich werde es aber wohl ein andermal tun.

Namenregister.

- Anschütz 33, 98, 114, 120,
132.
 Bang 92.
 Beebe, S. P. u. Buxton, B.H.
42.
 Bernard, Claude L.
 Birge, E. A. 211.
 Bonning 7.
 Buchner, E. u. Meisenheimer,
 J. 59, 60.
 Batschli 84.
 Cazeneuve u. Livon 35.
 Cohn 35.
 Cyon 183.
 Drechsel, E. 23, 108, 179,
197.
 Emmerling 43.
 Ernst, P. 52.
 Ficquet, L. 45, 47.
 Fischer, E. 121.
 Gaule, A. 202.
 Gaule, J. 6, 201, 202, 226,
227, 228.
 Gerlach u. Vogel 42.
 Graham 13.
 Grimbert u. Ficquet, L. 45,
47.
 Harnack, E. 12.
 Hertwig, O. 187, 188, 199,
 Hollmann 18.
 Huxley u. Martin 63, 65,
66, 72.
 Jaksch 36, 39.
 Kodis 153.
 Krause, H. 211.
 Lämmel, R. 202.
 Liebig, J. 8, 60.
 Ludwig, C. 174, 223.
 Luerssen 55.
 Meynert 231.
 Michel, A. 12.
 Musculus 35.
 Nef, J. U. 97.
 Ogata 174.
 Pasteur 35, 49, 51, 60.
 Pflüger, E. 96.
 Ranvier, L. 155.
 Rosenthal, J. 180.
 Roux, W. 166.
 Sachs 79, 82, 84, 199.
 Schlittenhelm u. Schroeter
42.
 Schulz H. 13.
 Schwann 15.
 Zopf 48.

Sachregister.

- Abbau 80.
 Accelerans 223, 229.
 Achsenzylinder 125, 161.
 Addison'sche Krankheit 183,
184.
 Adrenalin 125, 184.
 Adventitia 163, 207.
 After 223.
 Akromegale 186.
 Akromegalie 144, 183, 184,
186, 187, 202.
 Aktive Gruppe 31, 39, 40,
50, 96, 99, 101, 102,
103, 107, 112, 114, 120,
127, 136, 157, 158, 210,
211, 212, 217, 220, 221,
231.
 Albumosen 180.
 Ameisensäure 73.
 Amenorrhöe 186, 188.
 Amidopropionsäure 27.
 Amidosäure 46.
 Aminobase 9.
 Aminosäure 9, 20, 205.
 Amoebae 79, 80, 86, 139, 153.
 Amygdalin 27, 28, 29, 32,
132, 133, 146, 238.

- Amygdalinsäure 27.
 Arginin 51.
 Arteria hepatica 195, 197.
 Arterien 144, 145, 154, 173, 174, 177, 195, 196, 197, 198, 207, 244.
 Asci 66.
 Askogon 66, 71, 72, 95, 142, 143, 144, 145, 146, 157, 159, 163, 171, 176, 200, 209, 214, 215, 217, 218, 219, 222, 230.
 Askogonhyphen 222, 223, 224, 229, 244.
 Askohyphen 95, 143, 144, 145, 146, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 174, 175, 176, 177, 184, 193, 195, 196, 199, 200, 209, 213, 216, 218, 219, 222, 223, 224, 230, 244.
 Askosporen 66, 95, 114, 115, 157, 159, 190, 195, 196, 197, 199, 200, 230.
 Atemmuskeln 189.
 Atemzentrum 188, 189.
 Atmung 5, 188, 190, 191, 204, 214.
 Aufbau 1, 2, 13, 56, 63, 69, 80, 101, 117, 130, 136, 137, 143, 153, 164, 172, 187, 191, 194, 195, 210, 212, 215, 217, 222, 226, 234, 236, 237, 238, 239.
 Bahnen 73, 74, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 141, 142, 143, 145, 146, 151, 152, 159, 162, 167, 169, 171, 194, 200, 210, 211, 217, 220, 221, 222, 223, 225, 229, 234, 237, 244.
 Bauchhöhle 185.
 Befruchtung 66, 137, 140, 141, 147, 148, 159, 171, 175, 176, 217, 219, 228.
 Benzaldehyd 27.
 Benzolring 26.
 Benzoyl 109.
 Biatom 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 61, 62, 63, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 124, 126, 127, 131, 133, 134, 135, 147, 181, 203, 205, 208, 209, 210, 212, 225, 232, 233, 234, 235, 236, 237.
 Bindegewebe 144, 145, 146, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 163, 173, 174, 176, 187, 190, 195, 196, 197, 211, 215, 226, 230.
 Bindegewebsorgane 202.
 Bindesubstanzen 161.
 Biomoleküle 3, 4, 9, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 61, 62, 66, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 117, 118, 122, 123, 126, 127, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 150, 166, 167, 205, 208, 209, 225, 235, 236, 237, 238, 241, 242.
 Bioradikal 4, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 51, 54, 61, 62, 69, 78, 81, 83, 84, 89, 90, 93, 95, 100, 101, 102, 103, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 140, 141, 147, 148, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 174, 178, 185, 187, 188, 191, 194, 198, 199, 203, 208, 209, 216, 219, 220, 225, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242.
 Blastula 146, 223.
 Blausäure 27, 132.
 Blut 96, 125, 132, 157, 161, 162, 184, 186, 188, 189, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 214, 215, 226, 227, 243, 244.
 Blutbahn 178, 199, 200.
 Blutbildung 199, 202.
 Blutdruck 184, 213, 214.
 Blutfarbstoff 196, 199.
 Blutgefäße 120, 130, 143, 144, 151, 153, 154, 155, 173, 184, 185, 189, 191, 193, 195, 196, 197, 199, 207, 215, 216, 218, 222, 223.
 Blutgefäßsystem 153, 222, 229, 244.
 Blutgefäßwand 173, 190.
 Blutherz 228.

- Blutinseln 199.
 Blutkörperchen 95, 96, 190, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 216, 218, 226, 227, 228, 229, 230.
 Blutkreislauf 183.
 Blutlauf 183, 184.
 Blutplasma 95, 227.
 Blutstrom 185, 186.
 Blutzerstörung 199, 202.
 Calcium 23, 56, 57, 59, 60, 63, 85, 87, 88, 91, 92, 95, 101, 147, 154, 155, 157, 158, 163, 178, 221.
 Canalis neurentericus 233.
 Carbaminsäure 108.
 Cholesterin 23, 96, 180, 182.
 Cholsäure 205, 206.
 Chondroitinschwefelsäure 158.
 Chorda tympani 175.
 Coelom 153, 223, 224.
 Cystin 59.
 Cystingruppe 92.
 Cytozoen 84, 148, 153.
 Darm 174, 197.
 Darmrohr 142, 223, 224, 226, 233.
 Degeneration 160.
 Dextrose 48, 121, 122, 123.
 Diastase 122.
 Diatomeen 84.
 Dioxypiperazin 25, 97, 99.
 Dioxypiperazinring 43, 113.
 Drüsen 125, 128, 129, 172, 173, 176, 183, 184, 185, 186, 187, 195, 226.
 Ductus thoracicus 156, 197.
 Ei 137, 138, 139, 140, 146, 220, 227.
 Eiern 138.
 Eisen 87, 90, 91, 94, 95, 96, 105, 114, 116, 154, 163, 190, 205, 206, 221.
 Eisenoxydhydrat 91.
 Eiweiß 9, 10, 11, 12, 15, 20, 37, 42, 53, 55, 56, 62, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 82, 93, 95, 96, 99, 110, 147, 170, 172, 180, 240, 241.
 Eiweißkörper 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 20, 22, 23, 24, 30, 32, 38, 39, 40, 41, 52, 59, 61, 67, 69, 72, 76, 77, 79, 82, 86, 87, 91, 92, 97, 99, 103, 104, 111, 112, 178, 197.
 Eizelle 139, 166.
 Embryo 136, 152, 199, 200, 225.
 Empfindung 124, 191, 192, 193, 194.
 Emulsin 27, 28, 32, 132, 134.
 Endothel 173, 174, 176, 177, 190, 216.
 Enzyme 59.
 Epidermis 125, 143, 148, 163, 164.
 Epithel 142, 143, 144, 145, 153, 154, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 168, 174, 177, 184, 185, 187, 190, 192, 194, 195, 196, 198, 207, 211, 216, 217, 219, 220, 237.
 Ernährung 5, 14, 15, 62, 72, 73, 144, 150, 158, 165, 202.
 Fadenpilze 63, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 77, 78, 81, 82, 83, 102, 127, 144.
 Fermente 28, 35, 177, 182, 183, 203.
 Ferricyankalium 95, 114.
 Ferricyannatrium 114.
 Ferrokallaures Natrium 114.
 Fette 9, 10, 13, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 32, 38, 39, 40, 42, 52, 53, 54, 62, 63, 72, 76, 77, 82, 86, 91, 92, 95, 103, 104, 105, 110, 112, 146, 147, 177, 182, 197.
 Fetthülle 17, 20, 22, 23, 38, 52, 53, 72.
 Fettzellen 21, 22, 24.
 Fibrillen 155.
 Flimmerraum 173.
 Fortpflanzung 17, 42, 62, 63, 66, 69, 81, 82, 89, 90, 94, 106, 111, 112, 113, 114, 150, 168, 234.
 Fortpflanzungsorgane 65, 78, 86, 87, 111, 114, 159, 160, 203.
 Galaktose 33, 34.
 Galle 194, 195, 196, 205, 206.
 Gallenfarbstoff 196, 205, 206.
 Gallengänge 196.
 Ganglion 223, 229.
 Ganglienzellen 165, 171, 188, 189, 193, 211, 213, 214, 218, 219.
 Gärung 35, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 101.
 Gastrula 140, 153.
 Gastrulahöhle 223.
 Geburt 77.
 Gefäße 145, 154, 158, 159, 195, 213, 214.
 Gefäßdrüsen 183, 196.
 Gefäßrohr 208.

- Gefäßsystem 224.
 Gefäßwand 145.
 Gehirn 129, 185, 193, 232,
 233.
 Gerüst 61, 62, 179.
 Gerüstsubstanz 9.
 Geschlecht 71, 115, 171,
 172, 192, 200, 201, 203,
 240, 241, 242, 243.
 Geschlechtsorgane 65, 66,
 72, 73, 143, 171, 174,
 186, 188, 192, 200, 201,
 217, 230.
 Geschlechtsprodukte 70,
 115, 116, 126, 127, 137,
 138, 140, 147, 157, 160,
 164, 167, 171, 172, 186,
 188, 194, 200, 201, 202,
 204, 205, 209, 217, 219,
 225, 226, 228, 229, 231,
 232, 233, 234, 238, 239,
 240, 242, 243, 244.
 Geschlechtsreife 127, 231,,
 239, 242.
 Geschlechtszellen 230, 231.
 Gewebe 1, 84, 125, 126,
 164, 166, 167, 208, 226,
 227, 229, 237.
 Glandula submaxillaris 175.
 Glissonsche Kapsel 195,
 197.
 Glukose 27, 33, 132.
 Glutaminsäure 51, 68.
 Glutokyrin 51.
 Glykokoll 25, 26, 43, 46,
 51, 109.
 Glykolsäure 26.
 Glykosamin 110.
 Glykoside 86.
 Glykosin 139.
 Glyoxal 51.
 Glyoxalin 26, 50, 51, 98,
 99, 139.
 Glyoxalinring 26.
 Glycerin 43, 44, 58, 60, 61,
 101, 102, 108, 111, 112,
 114, 117, 119, 123, 124,
 129, 130, 131, 134, 136,
 137, 138, 139, 140, 142,
 143, 144, 145, 146, 147,
 148, 151, 152, 153, 154,
 155, 156, 157, 158, 159,
 160, 161, 162, 163, 166,
 167, 168, 169, 170, 171,
 173, 174, 175, 176, 177,
 181, 182, 185, 188, 189,
 190, 192, 193, 194, 195,
 198, 200, 202, 203, 204,
 205, 206, 207, 208, 209,
 210, 211, 212, 213, 214,
 215, 216, 217, 218, 219,
 220, 221, 222, 223, 224,
 226, 227, 228, 230, 233,
 234, 236, 237, 239, 240,
 241, 243, 244.
 Hypophysin 184.
 Hypophysis 125, 183, 184,
 185, 186, 187, 188.
 Imidoharnstoff 108.
 Infektion 137, 140, 141.
 Interzellulärsbstanz 146,
 152, 155.
 Intima 207.
 Jodothyryn 125, 184.
 Jonen 8, 9, 10, 11, 20, 87,
 178, 180.
 Kachexia strumipriva 183,
 184.
 Kalium 23, 77, 87, 115.
 Kalk 13, 58, 62, 70, 80.
 Kapillaren 145, 174.
 Kapillitium 80, 81.
 Karyokinese 147, 203.
 Keim 35, 90, 149, 150,
 167, 177.
 Keimblatt 141, 142, 143,
 144, 145, 146, 147, 148,
 101, 102, 108, 111, 112,
 114, 117, 119, 123, 124,
 129, 130, 131, 134, 136,
 137, 138, 139, 140, 142,
 143, 144, 145, 146, 147,
 148, 151, 152, 153, 154,
 155, 156, 157, 158, 159,
 160, 161, 162, 163, 166,
 167, 168, 169, 170, 171,
 173, 174, 175, 176, 177,
 181, 182, 185, 188, 189,
 190, 192, 193, 194, 195,
 198, 200, 202, 203, 204,
 205, 206, 207, 208, 209,
 210, 211, 212, 213, 214,
 215, 216, 217, 218, 219,
 220, 221, 222, 223, 224,
 226, 227, 228, 230, 233,
 234, 236, 237, 239, 240,
 241, 243, 244.
 Hämatin 196, 205, 206.
 Hämatorporphyrin 196.
 Hämoglobin 95, 205, 206.
 Hämopyrrol 205.
 Harn 35, 38, 40.
 Harnsäure 48.
 Harnstoff 35, 36, 37, 38,
 39, 40, 43, 48, 108, 194,
 195, 197.
 Haut 81, 82.
 Hefe 54, 55, 58, 59, 60,
 61, 62, 64.
 Hefenukleinsäure 55.
 Herz 96, 129, 144, 145,
 154, 185, 197, 207, 223,
 244.
 Herzgifte 184.
 Herzmuskel 223.
 Hippursäure 109.
 Hirnanhang 187.
 Hülle 9, 10, 13, 16, 20, 21,
 22, 23, 24, 37, 38, 39,
 42, 52, 61, 62, 63, 66,
 72, 73, 76, 82, 86, 113,
 146, 180.
 Hüllsubstanz 9, 11, 20, 55,
 56, 62, 69, 82, 179.
 Hydroxylamin 98, 99, 102.
 Hyphen 63, 64, 65, 66, 70,
 72, 75, 94, 95, 142, 143,
 163, 174, 207, 222, 224,
 233.
 Hyphenpilz 78, 94, 112,
 114, 117, 143, 157, 222.
 Hyphoid 78, 81, 82, 83,
 86, 91, 93, 94, 95, 100,

- 149, 151, 152, 153, 154, 156, 158, 160, 161, 163, 165, 166, 169, 170, 171, 173, 174, 177, 188, 192, 195, 196, 198, 203, 207, 211, 213, 216, 221, 230, 231, 233.
- Keratin 143.
- Kern 22, 23, 24, 52, 64, 65, 70, 82, 123, 131, 136, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 151, 170, 174, 176, 177, 178, 189.
- Kernsubstanzen 72.
- Kieselsäure 13, 84, 180, 182.
- Kieselsäurecholesterinester 178, 179, 182.
- Knallsäure 97, 98, 99, 102, 113, 114, 115, 239.
- Knochen 125, 157, 158, 159, 165, 190, 202, 209, 226.
- Knochenmark 200, 201.
- Knochen skelett 155, 158.
- Knorpel 157, 158, 159.
- Knorpelskelett 155, 158.
- Knorpelzelle 165.
- Kohlenhydrate 2, 9, 10, 15, 16, 52, 62, 63, 67, 76, 77, 86, 103, 110, 112, 121, 122, 150, 163, 197.
- Kolloid 15.
- Konidiophoren 64.
- Konidium 64, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 76, 94, 95, 114, 136, 139, 140, 144, 145, 157, 160, 162, 163, 174, 176, 177, 182, 195, 200, 209, 213.
- Kräfte, äußere 5, 6, 7, 11, 19, 20, 22, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 37, 52, 53, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 83, 88, 90, 102, 104, 105, 106, 107, 110, 112, 113, 115, 118, 124, 125, 128, 131, 134, 135, 136, 137, 142, 146, 147, 150, 151, 158, 159, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 193, 194, 204, 205, 210, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 225, 226, 228, 230, 231, 234, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244.
- Kräfte, innere 5, 6, 7, 11, 19, 74, 75, 90, 105, 134, 141, 146, 151, 166, 205, 212, 225.
- kosmische 7, 8, 10, 227, 234.
- Kreatin 48.
- Kreatinin 48.
- Kreislauf 145, 174, 189, 224, 233.
- Kriterien des Lebens 5.
- Lävilose 121, 122, 123.
- Lebensstadien 80, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 101, 102, 103, 108, 110, 111, 112, 139, 140, 141, 149, 153, 154, 155, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 173, 174, 176, 177, 178, 185, 190, 192, 193, 195, 207, 209, 215, 216, 222, 224, 229, 233, 237.
- Leber 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 206.
- Leberacinus 195, 196, 197, 198.
- Leberarterie 196.
- Leberinseln 197, 201.
- Lebervene 196, 197.
- Leberzellen 197, 198, 206.
- Lecithin 92, 96, 110.
- Leucin 20, 48, 68.
- Lipoid 13, 23, 42, 196.
- Luftklype 64, 65, 67, 72, 73, 102, 111, 142, 151, 153, 159, 168, 169, 174, 176, 184, 186, 192, 209, 211, 213, 222.
- Lunge 96.
- Lymph 125, 132.
- Lymphbahn 218.
- Lymphgefäße 130, 155, 156, 186, 197, 218.
- Lymphgewebe 156.
- Lymphherz 229.
- Lymphräume 218.
- Lymphspalte 130, 151, 156.
- Lymphzelle 153.
- Magnesia 13, 23, 59, 62, 70, 87, 88, 90, 91, 115, 116, 127, 154, 221.
- Magnesiumsulphat 59.
- Malonsäure 73.
- Mandelsäure 67, 68, 69.
- Markscheide 23, 125, 161, 165.
- Membran 15, 16, 55.
- Membrana propria 173, 176, 195.
- Menstruation 200, 228.
- Mesenchymzellen 153, 154, 155, 156, 166, 224.
- Mikrokokkus 4, 15, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 47, 50, 61, 77, 78, 87, 88, 89, 90, 108, 115, 127, 131.
- Mikroorganismen 35.
- Milchsäure 27, 36, 48, 49, 59.
- Milchzucker 33, 34, 49, 54.
- Milz 155, 200, 201, 202.
- Mund 223.
- Muskel 125, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 168, 171, 175, 189, 190, 192, 194.

- 211, 212, 214, 216, 217,
218, 226, 229.
 Muskelfaser 163, 211.
 Muskelglatte 143, 163, 174,
175, 213.
 — quergestreifte 142, 148,
163.
 Muskelknochen 160.
 Muskelplasma 161.
 Muskelzelle 122.
 Mycelium, Mycel 63, 67,
72, 73, 76, 80, 101, 111,
142, 144, 174, 200, 209,
213.
 Myxomyceten 79, 80, 81,
82, 83, 84, 86, 111, 153.
 Nährboden 15, 16, 17, 21,
22, 30, 40, 42, 59, 63,
65, 67, 75, 77, 83, 102,
125.
 Natrium 7, 23, 51, 53, 77,
87, 115.
 Nebenniere 125, 183, 184,
185, 187.
 Nerv 23, 125, 128, 130,
136, 143, 151, 153, 156,
159, 161, 162, 163, 165,
168, 169, 173, 175, 178,
179, 184, 185, 186, 190,
192, 207, 210, 211, 212,
214, 215, 216, 217, 218,
223, 226, 229, 234, 239,
242, 243.
 Nerven, markhaltige 163,
181.
 — marklose 181.
 — motorische 175, 218.
 — sekretorische 175.
 — sympathische 129, 143,
163, 184, 185.
 — zerebrospinale 142, 143,
160, 163, 186, 189.
 Nervenbahn 189, 244.
 Nervenfasern 188, 189, 208,
211.
 Nervensystem 132, 189,
190, 212, 222, 229, 243.
 Nervenzentren 223.
 Neurokeratin 143.
 Nuklein 9, 10, 11, 13, 15,
16, 20, 22, 23, 24, 30,
37, 38, 39, 40, 41, 42,
52, 53, 55, 56, 59, 60,
62, 67, 69, 70, 71, 75,
76, 77, 82, 86, 91, 92,
93, 95, 97, 99, 103, 104,
110, 138, 139, 142, 143,
147, 170, 172, 240, 241.
 Organ 65, 66, 70, 97, 126,
134, 153, 157, 187, 195,
200, 201, 212, 226, 227.
 Orthokieselsäure 23.
 Osmose 15, 16, 17.
 Oxydation 5, 24, 30, 34,
37, 38, 43, 47, 54, 70,
74, 75, 80, 84, 86, 91,
104, 105, 107, 112, 119,
148, 181, 189, 198, 204.
 Oxyessigsäure 26.
 Oxykapronsäure 20.
 Oxyssäure 21.
 Pankreas 175.
 Parasiten 28, 29.
 Peptone 45, 46, 180.
 Pfortader 195, 196, 197.
 Phosphor 91, 92, 93, 104,
115, 116, 118, 119, 127,
170, 171, 172, 174, 184,
185, 188, 189, 208, 209,
230, 244.
 Phosphorsäure 40, 55, 56,
59, 60, 62, 91, 92, 93,
115, 127.
 Plasmodium 79, 80, 81, 82,
83, 86, 111, 139, 153.
 Plasmosoma 123, 131, 139,
140, 144, 151, 160, 174,
176, 177, 178, 181, 195.
 Pollinodium 66, 71, 72, 95,
142, 143, 144, 145, 146,
157, 159, 163, 171, 174,
176, 200, 209, 214, 215,
217, 222, 224, 230.
 Pollinodiumhyphen 22, 223,
224.
 Primitivrinne 223, 224.
 Protoplasma 22, 23, 24, 65,
70, 79, 80, 123, 131,
139, 140, 142, 143, 144,
145, 151, 161, 170, 174,
176, 177, 189, 197.
 Pseudonavicelle 84.
 Purin 26, 50, 98, 103, 127,
139.
 Purinkörper 55.
 Pyrimidin 26, 50, 51, 139.
 Pyrrol 205, 206.
 Pyrrolring 26.
 Reduktion 24, 34, 37, 38,
43, 47, 54, 61, 70, 74,
81, 86, 90, 104, 105,
107, 110, 111, 119, 148,
181, 189, 198.
 Reflex 97, 124, 175, 178,
191, 193, 214.
 Reflexbewegung 213.
 Reiz 96, 97, 99, 163, 165,
168, 169, 178, 190, 193,
212, 213, 220, 221, 238.
 Reizung 160, 161, 188, 242.
 Resorption 125, 172, 175,
177, 185.
 Resorptionszellen 173, 174,
175.
 Rhodan 92, 104.
 Rohrzucker 57, 121, 122,
123, 180.
 Rückenmark 129, 233.
 Saccharate 56, 57, 101.
 Sarkolemm 160, 161, 164,
176.
 Sarkosin 48.

- Scheidewand [138](#), [139](#), [140](#),
[141](#), [147](#), [151](#), [152](#), [153](#),
[154](#), [156](#), [158](#), [165](#), [220](#),
[221](#), [222](#), [223](#), [228](#), [244](#).
 Schilddrüse [125](#), [183](#), [184](#),
[185](#).
 Schwannsche Scheide [161](#),
[164](#).
 Schwärmer [79](#), [80](#), [81](#), [82](#),
[83](#), [101](#), [111](#).
 Schwefel [59](#), [91](#), [92](#), [93](#),
[95](#), [104](#), [105](#), [115](#), [116](#),
[118](#), [119](#), [127](#), [170](#), [171](#),
[172](#), [184](#), [185](#), [188](#), [189](#),
[208](#), [230](#), [244](#).
 Schwefelsäure [40](#), [59](#), [62](#),
[92](#), [93](#), [127](#).
 Sehnen [160](#), [161](#), [163](#).
 Sekretion [125](#), [172](#), [177](#),
[181](#), [183](#), [185](#), [195](#), [196](#),
 — äußere [195](#), [196](#), [197](#),
[206](#).
 — innere [125](#), [183](#), [185](#),
[186](#), [187](#), [189](#), [195](#), [196](#),
[197](#), [202](#), [206](#), [207](#).
 Sekretionsnerv [181](#), [182](#).
 Sekretionszellen [172](#), [173](#),
[174](#), [175](#).
 Semipermeabilität [16](#).
 Serosa [163](#).
 Silizium [23](#), [84](#), [85](#), [86](#), [87](#),
[88](#), [91](#), [92](#), [106](#), [147](#),
[154](#), [155](#), [157](#), [158](#), [163](#),
[178](#), [221](#).
 Sinnesorgane [142](#).
 Skelett [190](#).
 Spaltpilze [41](#), [42](#), [43](#), [47](#), [48](#),
[49](#), [50](#), [51](#), [52](#), [53](#), [54](#),
[61](#), [62](#), [63](#), [66](#), [69](#), [71](#),
[73](#), [75](#), [77](#), [78](#), [82](#), [83](#),
[85](#), [108](#), [123](#), [131](#), [135](#),
[181](#), [236](#), [237](#), [239](#), [240](#),
[241](#), [243](#).
 Speichel [182](#).
 Speicheldrüse [179](#), [181](#),
[236](#), [237](#), [238](#), [239](#), [240](#),
[241](#), [242](#), [244](#).
 Speichelferment [178](#), [182](#).
 Speichelzelle [179](#), [181](#).
 Spermatozoen [137](#), [138](#), [139](#),
[140](#).
 Spinalganglion [193](#), [211](#).
 Spinalganglionzelle [211](#),
[213](#), [214](#), [215](#), [217](#),
 Sporangium [80](#), [83](#), [84](#), [111](#),
 Sporangiumwand [80](#).
 Spore [42](#), [54](#), [62](#), [64](#), [66](#),
[75](#), [79](#), [80](#), [81](#), [84](#), [144](#),
 Sproßpilz [54](#), [57](#), [58](#), [59](#),
[60](#), [61](#), [62](#), [63](#), [66](#), [69](#),
[70](#), [73](#), [77](#), [78](#), [82](#), [83](#),
[88](#), [108](#), [123](#), [131](#), [135](#),
[236](#), [239](#), [240](#), [241](#).
 Stäbchensaum [173](#).
 Stärke [178](#), [179](#), [180](#), [181](#),
[182](#).
 Stoffwechsel [21](#), [183](#), [184](#),
[203](#), [204](#), [205](#).
 Suspension [8](#), [9](#), [35](#), [167](#),
[178](#).
 Symbiose [29](#), [30](#), [32](#), [33](#),
[54](#), [86](#), [117](#), [118](#), [119](#),
[124](#), [125](#), [126](#), [127](#), [134](#),
[135](#), [139](#), [148](#), [184](#), [237](#).
 Symbioten [1](#), [2](#), [4](#), [25](#), [28](#),
[29](#), [31](#), [32](#), [33](#), [72](#), [93](#),
[100](#), [101](#), [112](#), [119](#), [122](#),
[123](#), [125](#), [126](#), [127](#), [129](#),
[130](#), [131](#), [132](#), [133](#), [134](#),
[135](#), [136](#), [137](#), [140](#), [141](#),
[146](#), [147](#), [148](#), [149](#), [150](#),
[151](#), [152](#), [153](#), [155](#), [156](#),
[158](#), [159](#), [162](#), [163](#), [164](#),
[166](#), [167](#), [168](#), [169](#), [170](#),
[171](#), [172](#), [174](#), [177](#), [181](#),
[184](#), [186](#), [187](#), [188](#), [189](#),
[190](#), [191](#), [194](#), [195](#), [201](#),
[203](#), [204](#), [205](#), [206](#), [209](#),
[210](#), [214](#), [215](#), [216](#), [217](#),
[219](#), [220](#), [221](#), [223](#), [225](#),
[227](#), [228](#), [230](#), [234](#), [235](#),
[236](#), [237](#), [238](#), [239](#), [240](#),
[241](#), [242](#), [244](#).
 Sympathikus [142](#), [143](#), [144](#),
[174](#), [175](#), [176](#), [177](#), [213](#),
[215](#), [217](#), [219](#), [223](#).
 Sympathikuszelle [214](#), [219](#),
[222](#), [224](#), [233](#).
 Taurin [92](#).
 Teilung [54](#), [63](#), [79](#), [81](#), [82](#),
[137](#), [139](#), [141](#), [146](#), [147](#),
[151](#), [152](#), [165](#), [166](#), [187](#),
[199](#), [203](#), [220](#), [221](#), [223](#),
[224](#), [225](#), [228](#), [243](#), [244](#).
 Tod [16](#), [77](#), [126](#), [128](#), [172](#).
 Traubensäure [51](#), [53](#), [67](#).
 Traubenzucker [6](#), [7](#), [27](#), [29](#),
[30](#), [31](#), [38](#), [101](#), [181](#),
 Tricalciumphosphat [56](#), [158](#),
[209](#).
 Tripelphosphate [35](#), [39](#), [40](#),
[115](#).
 Trophik [124](#), [125](#), [126](#), [127](#),
[128](#), [129](#), [131](#), [134](#), [137](#),
[139](#), [150](#), [160](#), [167](#), [169](#),
[215](#).
 Typus des Lebens [5](#), [117](#).
 Vagus [223](#), [229](#).
 Vaguswirkung [184](#).
 Vena anonyma [197](#).
 Vena hepatica [195](#).
 Vene [144](#), [145](#), [154](#), [155](#),
[173](#), [174](#), [177](#), [195](#), [196](#),
[198](#), [244](#).
 Verdauung [177](#), [183](#), [197](#).
 Verdauungsfermente [181](#).
 Verdauungskanal [182](#), [183](#),
[233](#).
 Vererbung [172](#), [231](#), [232](#),
[233](#), [234](#).
 Verschiebung [120](#), [122](#), [131](#),
[132](#), [135](#), [137](#), [203](#), [215](#),
[236](#), [237](#), [238](#), [239](#), [242](#),
[244](#).

- Vorhofscheidewand [223](#),
[229](#).
- Vorkern [138](#).
- Wachstum [47](#), [54](#), [55](#), [66](#),
[81](#), [111](#), [126](#), [127](#), [150](#),
[157](#), [186](#), [187](#), [188](#), [191](#),
[194](#), [202](#), [221](#), [228](#), [230](#),
[238](#), [239](#), [242](#).
- Wand [15](#), [64](#), [70](#), [81](#), [151](#),
[174](#).
- Wechselströme [153](#), [180](#),
[197](#).
- Weinsäure [47](#), [48](#), [49](#), [53](#),
[68](#), [69](#).
- Zelle [1](#), [21](#), [22](#), [24](#), [64](#), [70](#),
[72](#), [81](#), [122](#), [123](#), [124](#),
[125](#), [126](#), [127](#), [129](#), [131](#),
[133](#), [134](#), [136](#), [137](#), [138](#),
[140](#), [141](#), [142](#), [143](#), [144](#),
[145](#), [146](#), [148](#), [149](#), [150](#),
[151](#), [152](#), [153](#), [155](#), [156](#),
[158](#), [164](#), [165](#), [167](#), [169](#),
[170](#), [171](#), [172](#), [173](#), [174](#),
[175](#), [176](#), [177](#), [179](#), [181](#),
[183](#), [185](#), [187](#), [188](#), [189](#),
[191](#), [192](#), [193](#), [194](#), [195](#),
[196](#), [198](#), [199](#), [201](#), [203](#),
[210](#), [211](#), [212](#), [213](#), [214](#),
[215](#), [216](#), [217](#), [218](#), [220](#),
[221](#), [225](#), [229](#), [230](#), [231](#),
[232](#), [233](#), [234](#), [235](#), [236](#),
[237](#), [243](#).
- Zellbildung [137](#).
- Zellwand [64](#), [65](#).
- Zellularphysiologie [1](#).
- Zentralisation [129](#), [130](#), [134](#),
[172](#), [203](#), [206](#), [210](#), [212](#),
[213](#), [214](#), [215](#), [219](#), [229](#),
[230](#), [231](#).
- Zentralkanal [233](#), [234](#).
- Zentralnervensystem [159](#),
[168](#), [170](#), [171](#), [174](#), [178](#),
[192](#), [193](#), [211](#), [212](#), [213](#),
[214](#), [217](#), [218](#), [219](#), [230](#),
[234](#), [243](#).
- Zentralorgan [165](#), [171](#), [218](#).
- Zentrosoma [139](#), [140](#).
- Zerebrospinalnerven [129](#),
[142](#), [143](#), [184](#), [185](#), [192](#),
[207](#), [213](#), [217](#), [223](#), [224](#).
- Zerebrospinalnervensystem
[229](#), [231](#).
- Zooid [78](#), [79](#), [80](#), [82](#), [83](#),
[84](#), [85](#), [86](#), [88](#), [90](#), [93](#),
[95](#), [100](#), [101](#), [102](#), [108](#),
[110](#), [111](#), [112](#), [113](#), [114](#),
[117](#), [119](#), [123](#), [124](#), [129](#),
[130](#), [131](#), [134](#), [136](#), [137](#),
[138](#), [139](#), [140](#), [145](#), [146](#),
[147](#), [148](#), [149](#), [151](#), [152](#),
[153](#), [154](#), [155](#), [156](#), [157](#),
[158](#), [159](#), [160](#), [161](#), [162](#),
[163](#), [164](#), [165](#), [166](#), [167](#),
[168](#), [169](#), [170](#), [171](#), [174](#),
[175](#), [176](#), [177](#), [178](#), [181](#),
[182](#), [185](#), [188](#), [189](#), [190](#),
[192](#), [193](#), [194](#), [195](#), [196](#),
[197](#), [198](#), [200](#), [202](#), [203](#),
[204](#), [206](#), [207](#), [208](#), [209](#),
[210](#), [211](#), [212](#), [213](#), [214](#),
[215](#), [216](#), [217](#), [219](#), [220](#),
[221](#), [222](#), [223](#), [224](#), [226](#),
[227](#), [229](#), [230](#), [233](#), [236](#),
[238](#), [239](#), [244](#).
- Zoon [78](#), [84](#), [110](#), [112](#), [113](#),
[114](#), [117](#).
- Zucker [2](#), [4](#), [6](#), [55](#), [56](#), [57](#),
[59](#), [60](#), [61](#), [65](#), [179](#), [180](#).
- Zusammenfassung [33](#), [34](#),
[40](#), [61](#), [62](#), [78](#), [87](#), [88](#),
[89](#), [90](#), [91](#), [92](#), [93](#), [94](#),
[106](#), [107](#), [112](#), [113](#), [114](#),
[119](#), [120](#), [129](#), [130](#), [131](#),
[136](#), [162](#), [167](#), [168](#), [169](#),
[170](#), [171](#), [185](#), [225](#).
- Zyklus [5](#), [6](#), [7](#), [9](#), [13](#), [14](#),
[15](#), [17](#), [19](#), [20](#), [21](#), [22](#),
[23](#), [24](#), [25](#), [29](#), [30](#), [32](#),
[35](#), [36](#), [37](#), [38](#), [39](#), [42](#),
[47](#), [48](#), [50](#), [52](#), [53](#), [54](#),
[56](#), [66](#), [70](#), [71](#), [72](#), [73](#),
[74](#), [75](#), [76](#), [77](#), [78](#), [83](#),
[85](#), [86](#), [87](#), [88](#), [89](#), [90](#),
[91](#), [92](#), [93](#), [95](#), [96](#), [99](#),
[100](#), [102](#), [104](#), [105](#), [106](#),
[107](#), [109](#), [111](#), [112](#), [113](#),
[118](#), [123](#), [124](#), [125](#), [126](#),
[127](#), [128](#), [129](#), [130](#), [131](#),
[132](#), [133](#), [134](#), [135](#), [136](#),
[137](#), [140](#), [141](#), [149](#), [150](#),
[151](#), [161](#), [166](#), [167](#), [172](#),
[173](#), [178](#), [181](#), [183](#), [186](#),
[189](#), [194](#), [203](#), [204](#), [205](#),
[206](#), [207](#), [209](#), [210](#), [212](#),
[216](#), [219](#), [225](#), [227](#), [228](#),
[232](#), [233](#), [234](#), [236](#), [239](#),
[240](#), [241](#), [242](#).
- Zymase [59](#).
- Zymogenkörnchen [177](#), [179](#).

373790

Kritik

der

(1)

Erfahrung vom Leben

von

Justus Gaule (2)

o. Prof. der Physiologie in Zürich.

Erster Band:

1-2

Analyse.

Leipzig

Verlag von S. Hirzel

1906.

(3) 1909

Verlag von S. HIRZEL in LEIPZIG

Lehrbuch
der
Physiologie des Menschen

von
Dr. Robert Tigerstedt

Professor der Physiologie an der Universität Helsingfors

- Zwei Bände -

Mit 340 teilweise farbigen Abbildungen im Text

== Dritte umgearbeitete Auflage ==

:: Preis geheftet 24 Mark, gebunden 28 Mark ::

Mikrokosmos

Ideen zur Naturgeschichte und Geschichte der Menschheit

Versuch einer Anthropologie

von

Hermann Lotze

Erster Band:

1. Der Leib. 2. Die Seele.
3. Das Leben.

Fünfte Auflage.

Mit einem Bilde des Verfassers.

- Preis 8 Mark. -

Zweiter Band:

4. Der Mensch. 5. Der Geist.
6. Der Welt Lauf.

Fünfte Auflage.

- Preis 8 Mark. -

Dritter Band:

7. Die Geschichte. 8. Der Fortschritt.
9. Der Zusammenhang der Dinge.

Vierte Auflage.

- Preis 10 Mark. -

----- Gebunden in drei Bänden 29 Mark. -----

Carl Ludwig

Die physiologischen Leistungen des Blutdrucks. Ein Vortrag, gehalten beim Antritt des Lehramts zu Leipzig am 1. Mai 1865 Mark —,60

Rede beim Beginn der Vorlesungen in der neuen physiologischen Anstalt zu Leipzig am 26. April 1869 Mark —,50

Die wissenschaftliche Thätigkeit in den physiologischen Instituten. Mark —,50

Ein Kind der Erde

Roman

von

Georg Groddeck

Zwei Bände

- Preis 8 Mark, gebunden 9 Mark 50 Pfennig -

C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig.

Kritik
der
Erfahrung vom Leben

von

Justus Gaule

o. Prof. der Physiologie in Zürich.

Zweiter Band:

Synthese.

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1909.

Handbuch
der
physiologischen Methodik.

Herausgegeben von

Robert Tigerstedt in Helsingfors.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Band.

Erste Abteilung (Allg. Methodik). 1. Allgemeine Technik der physiologischen Versuche und Vivisektionen. 2. Versuche an überlebenden Organen der warmblütigen Tiere. 3. Schreibhebel usw. 4. Registrierapparate. 5. Die photographische Registrierung.

Zweite Abteilung (Protisten, Wirbellose Tiere, Physikalische Chemie). 1. Methoden zur Erforschung des Lebens der Protisten. 2. Wirbellose Tiere. 3. Die Anwendung der physikalisch-chemischen Methoden in der Physiologie.

Dritte Abteilung (Ernährung) 1. Stoffwechsel. 2. Respirationssysteme. 3. Kalorimetrie.

Zweiter Band.

Erste Abteilung (Blut und Blutbewegung). 1. Morphologie des Blutes. Hämoglobinbestimmung. 2. Methodik der Antikörperforschung. 3. Hämodynamik. 4. Blutgase. Respiratorischer Gaswechsel.

Zweite Abteilung (Atmung, Verdauung). 1. Atembewegungen. 2. Methodologie der Enzymforschungen. 3. Die Bewegungen des Verdauungsrohres. 4. Die Absonderung der Verdauungsdrüsen.

Dritte Abteilung (Muskelphysiologie). 1. Thermodynamik des Muskels. 2. Allgemeine Muskelmechanik. 3. Spezielle Bewegungslehre. 4. Elektrophysiologie.

Dritter Band.

Erste Abteilung (Sinnenphysiologie I). 1. Die sensorischen Funktionen der Haut. 2. Geruch und Geschmack. 3. Die nicht akustischen Funktionen des inneren Ohres. 4. Die physiologische Akustik.

Zweite Abteilung (Sinnenphysiologie II). 1. Die Dioptrik des Auges. 2. Die Augenbewegungen usw. 3. Helligkeit und Farben.

Dritte Abteilung (Zentrales Nervensystem. Physiologische Sprachlaute). 1. Das zentrale Nervensystem der kaltblütigen Wirbeltiere. 2. Das zentrale Nervensystem der warmblütigen Tiere. 3. Psychophysik. 4. Phonetik.

— Ausführliche Prospekte durch jede Buchhandlung zu beziehen. —

AUG 30 1913

